



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E SCIENTIA HOMINIS SALUS "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y
ELECTRONICA**

**AMPLIACION DE CAPACIDAD DE LA MICROONDA PARA LA RED
WAN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR
C.A. EN LA CIUDAD DE CUENCA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
ELÉCTRICO ESPECIALIDAD ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

DARÍO XAVIER TERÁN LASCANO

dario.teran@siaemic.com

DIRECTOR: ING. MARIO RUBÉN CEVALLOS VILLACRESES

mario.cevallos@epn.edu.ec

Quito, Diciembre de 2012

DECLARACIÓN

Yo Darío Xavier Terán Lascano, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido en la Ley, Reglamento de Propiedad Intelectual y por la normativa vigente.

Darío Xavier Terán Lascano

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Darío Xavier Terán Lascano, bajo mi supervisión

Ing. Mario Cevallos

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

En estas pequeñas líneas deseo expresar mi más sincero agradecimiento en primer lugar a Dios que es quien ha iluminado mi vida y mi diario vivir. Después a mis padres y familia que han sido el apoyo y respaldo durante estos años de estudios y sacrificios. También un agradecimiento muy especial al Ing. Mario Cevallos Directos de este proyecto, que me ha respaldado y apoyado durante todo el proceso.

Finalmente un agradecimiento a SIAEMICRO ANDINA S.A. que me ha abierto las puertas y me ha apoyado con la ejecución de este proyecto. Gracias a todas aquellas personas que han estado a mi lado a lo largo de todos estos años de mi vida universitaria.

DEDICATORIA

Deseo dedicar este trabajo primero a Dios, a mis padres Javier Terán y Norma Lascano a quienes amo con toda mi alma, a mi pequeño hermano Jossue Terán que es mi consentido, a mi enamorada Andrea Torres que ha estado ahí ayudando y apoyándome en todo momento con este proyecto. A mi empresa que me ha ayudado a crecer profesionalmente. Finalmente a mi querida Politécnica Nacional con su cuerpo docente que me han guiado por un camino de sabiduría.

CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA	IV
RESUMEN.....	V
PRESENTACIÓN.....	VII
CAPÍTULO I.....	1
1. DISEÑO DE AMPLIACIÓN DE LA RED DE TRANSMISIÓN.....	1
1.1. ELABORACIÓN DEL PERFIL TOPOGRÁFICO.....	1
1.1.1. <i>Definiciones.....</i>	1
1.1.1. <i>Desarrollo y elaboración.....</i>	2
1.1.2. <i>Elaboración de los Perfiles Topográficos a Instalar.....</i>	4
1.2. DISEÑO Y ELABORACIÓN DE LOS CÁLCULOS DE INGENIERÍA.....	13
1.2.1. <i>Definiciones.....</i>	13
1.2.2. <i>Desarrollo y elaboración:.....</i>	14
1.2.3. <i>Elaboración del Cálculo de Ingeniería:.....</i>	18
1.2.4. <i>Lectura e Interpretación de los Cálculos de Ingeniería.....</i>	27
1.3. EJECUCIÓN DE VISITAS E INFORMES DE TSS “ <i>TECHNICAL SITE SURVEY</i> ” (INSPECCIÓN TÉCNICA EN SITIO) Y LOS “ <i>LINE OF SIGHT</i> ” (LÍNEA DE VISTA).....	41
1.3.1. <i>Definiciones.....</i>	41
1.3.2. <i>Procedimiento y Ejecución de LOS y TSS.....</i>	42
Las personas responsables de ejecutar estas visitas deben poseer y contar obligatoriamente con las siguientes herramientas:.....	42
1.4. ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS DE OPERACIÓN.....	51
1.4.1. <i>Definición y Asignación de Frecuencias.....</i>	51
CAPÍTULO II.....	53
2. INSTALACIÓN DE EQUIPOS.....	53
2.1. INSTALACIÓN DEL ENLACE DE MICROONDAS.....	53
2.1.1. <i>Instalación de Equipos Indoor o en el Interior.....</i>	54
2.1.2. <i>Instalación de Equipos Outdoor o en el Exterior.....</i>	56
2.1.3. <i>Configuración de los Radios y Alineación de Antenas.....</i>	59
2.2. HABILITACIÓN DE TRIBUTARIOS Y RUTA DE E1.	62
2.3. PUESTA EN GESTIÓN DE LOS ENLACES.....	63
2.4. PLANIFICACIÓN DCN.	65
CAPÍTULO III.....	67
3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	67

3.1.	ELABORACIÓN DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS.	67
3.1.1.	<i>Documentación del Sitio.</i>	68
3.1.2.	<i>Inspección del Sitio.</i>	69
3.1.3.	<i>Check List de Comisionamiento.</i>	69
3.1.4.	<i>Valores de Comisionamiento.</i>	70
3.1.5.	<i>Reporte de Integración</i>	71
3.2.	VERIFICACIÓN DE CAPACIDADES.	72
3.3.	PANTALLAS CAPTURADAS.....	73
CAPÍTULO IV.....		75
4. ANÁLISIS DE POTENCIA Y NUEVOS SERVICIOS DE LA RED		
INSTALADA.....		75
4.1.	CARACTERÍSTICAS DEL RADIO SIAE INSTALADO.....	75
4.1.1.	<i>Radio SDH y ADM.</i>	75
4.1.2.	<i>Radíos PDH.</i>	78
4.2.	SERVICIOS ADICIONALES QUE OFRECE LA RED DE TRANSMISIÓN	80
CAPÍTULO V.....		82
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		82

RESUMEN

En este proyecto se encuentra toda la información y el proceso de diseño e instalación de una red de radio enlaces de microonda. Es una guía práctica y sumamente fácil de entender y utilizar para todos aquellos que deseen conocer todas las actividades que se realizan durante todo el proceso de planificación e instalación de un enlace de microonda. Con esta guía práctica, todo aquel que tenga este documento tendrá el conocimiento necesario de todo el proceso y podrá entender el funcionamiento y cómo se realiza la instalación y puesta en funcionamiento de un radio enlace.

Ahora se hace un resumen de los temas a tratar en cada uno de los capítulos de este proyecto. En el primer capítulo se realiza todo el diseño de la red a instalar. En el diseño se encuentra la explicación de todos los procesos que implican la planificación para generar la información fundamental para el momento de la instalación. En primer lugar se realiza el análisis de línea de vista, que es fundamental para que exista un radio enlace. Para esto se lo realiza en campo y mediante mapas digitales.

Después se realiza el cálculo de ingeniería donde se establecerá la configuración y la predicción del funcionamiento del enlace. Es importante este documento ya que es la guía para los instaladores de cómo configurar el equipo. Finalmente se presenta el procedimiento para realizar una inspección técnica al sitio, en donde se determina las condiciones necesarias y en dónde se instalarán los equipos.

En el segundo capítulo se ve la instalación de equipos, separando en dos partes la primera la instalación de equipos internos y en segunda los equipos exteriores. Se analizan las diversas configuraciones de los equipos y cuáles son sus ventajas.

En este capítulo también se ve la importancia del monitoreo de los enlaces y como se realiza este proceso. A esta actividad la llamaremos planeación DCN y serán los pasos a seguir para tener todos los enlaces en un centro de monitoreo centralizado.

En el tercer capítulo se realiza las pruebas de funcionamiento, en especial la elaboración del protocolo de pruebas. El cual es un documento en donde se tiene el listado de las actividades y pruebas a realizar para comprobar la correcta instalación y el perfecto funcionamiento del radio enlace. Todas estas actividades serán parte de la documentación para la entrega en funcionamiento y correcta operación de la red instalada.

En el cuarto capítulo se analiza las ventajas de la nueva red instalada, indicando las características y ventajas que presentan los equipos instalados de marca SIAE. Se ve todos los servicios actuales que están operando y cuáles son los posibles servicios que se pueden implementar sin necesidad de cambiar el hardware.

Finalmente en el quinto y último capítulo se presentaran algunas conclusiones del trabajo realizado. También hay recomendaciones para los lectores y personas que les interese este tema y conocer más de cómo se realizan las redes de radio enlaces de microonda.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto será una guía práctica de la planificación y ejecución de una red de transmisión de datos a través de radio enlaces de microondas. Se tiene una introducción de las actividades previas a la instalación, el proceso de de integración y comicionamiento, para finalmente realizar la integración a la red y entrega de los equipos en funcionamiento.

La red permitirá el transporte y comunicación de todas las agencias de la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. También se emplea para dar acceso a internet a las escuelas y comunidades de la zona a través de un proyecto en conjunto con la SENACYT.

CAPÍTULO I

1. DISEÑO DE AMPLIACIÓN DE LA RED DE TRANSMISIÓN.

En este capítulo se realiza los estudios y trabajos de diseño para la ampliación de la red WAN “*Wide Area Network*” o “Red de Área Ampliada” de transmisión de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. Este estudio previo es fundamental para tener claro los equipos y material necesario para la instalación de los diferentes enlaces. En base al diseño tendremos una idea de cómo quedará la red y sus principales características de funcionamiento y capacidad después de la instalación.

Para poder realizar un diseño acertado es importante conocer la necesidad del cliente y qué tipo de datos desea enviar a través de la red de transmisiones. Hay que tomar en cuenta que actualmente existe ya una red la cual migrará a una nueva por limitaciones de capacidad especialmente y porque los equipos han cumplido su tiempo de vida útil. Las diferencias entre la nueva red instalada y la antigua red se analiza en el Capítulo 4.

1.1.ELABORACIÓN DEL PERFIL TOPOGRÁFICO.

1.1.1. DEFINICIONES.

La elaboración del perfil topográfico del enlace consiste en hacer un análisis y un estudio geográfico del sector donde se va a realizar el enlace. Este estudio se lo hace con el fin de obtener datos principalmente de posibles obstrucciones, las cuales puedan afectar el funcionamiento del enlace.

Este estudio se lo puede realizar de varias formas entre las principales y más comunes tenemos: mediante un *software* que contenga datos y mapas del sector, estas son herramientas predictivas del comportamiento del sistema después de su instalación, utilizando mapas topográficos que nos den características del terreno y tener una idea de posibles problemas de línea de vista principalmente, esta también es una forma predictiva y todos los cálculos se deben realizar en forma manual con ayuda de mapas y herramientas matemáticas.

1.1.1. DESARROLLO Y ELABORACIÓN.

La elaboración del perfil topográfico es una fase previa al diseño de la red. Es el proceso por el cual mediante un *software* de radio enlaces o mapas topográficos se procede a comprobar el nivel de despeje de la zona de Fresnel y ver posibles obstrucciones geográficas de los sitios donde se tiene planeado la instalación de los enlaces.

Si el estudio se realiza mediante *software* es necesario tener un programa que permita hacer la simulación y predicción de los radio enlaces que se pretenden instalar. Estos programas se pueden conseguir de manera gratuita o pagando una licencia para su uso. Los principales productores de equipos de radio enlaces de microonda por lo general tienen su propio *software* con el cual realizan los trabajos de simulación y cálculo de enlaces según los requerimientos y equipos que se dispongan.

Todos los programas de cálculo necesitan bases de datos de algunos requerimientos indispensables para la predicción del funcionamiento entre estas están los mapas, tipos y características de antenas, tipos y características de los equipos de radio.

Los mapas digitales se los puede conseguir libremente en sitios web sin costo alguno, con la limitante de tener un error más grande que aquellos mapas que tienen un costo y han sido realizados por un centro de estudios especializados en mapas. La utilización de estos mapas digitales nos permite tener una mejor idea del perfil y ser un soporte para las personas en campo que validan la línea de vista del enlace.

Existen diversos fabricantes tanto de equipos de radio como de antenas, cada uno con diferentes características y potencialidades diversas frente a sus competidores. Se pueden tener equipos muy generales y básicos con características comunes en todos los fabricantes los cuales por lo general vienen disponibles para ser utilizados en los distintos programas para el cálculo de radio enlaces. Si nosotros queremos trabajar con una marca o equipo específico de radios o antenas se deberá solicitar a su fabricante o hacer la compra de estas bases de datos.

Con todos estos datos se carga en nuestra base de datos ya sea propietaria o de libre acceso, se procede a la configuración básica en el programa que trata principalmente al direccionamiento a estas bases de datos para la obtención de resultados. Una vez que se tiene configurado el programa y cargadas todas la bases de datos que vamos a requerir como son los mapas del sector, antenas que se utilizarán y equipos a instalar se procede a realizar el cálculo del perfil. Por lo general en todos los programas de este tipo los pasos a seguir para la elaboración del perfil son los mismos. A continuación describiré el procedimiento general aplicable al programa "Pathloss".

El primer paso es localizar y extraer el mapa del sector donde se tiene pensado la instalación del enlace. Una vez que se extraiga el mapa se procede a localizar los lugares en donde se instalarán los equipos pertenecientes al enlace. Para ello es necesario ingresar las coordenadas geográficas de los sitios.

Al ingresar las coordenadas se ubican estos puntos en el mapa descargado. A continuación se procede a dibujar el perfil entre estos dos puntos. En este punto ya se puede configurar algo del equipo a utilizar, el posible tipo de antena, la frecuencia de operación y la altura a la cual se encuentra la antena.

Estos pueden ser unos datos aproximados que serán ingresados para realizar el estudio de ingeniería con la ayuda de los informes de LOS “*Line of Sight*” o “Línea de Vista” y TSS “*Technical Site Survey*” o “Validación Técnica en Sitio”.

Al imprimir el perfil topográfico se observará las posibles obstrucciones que tendrá el enlace, el porcentaje que se encuentra despejada la zona de Fresnel, las posibles pérdidas, distancia del enlace. Varios programas nos permiten la exportación del perfil a programas como *Google Earth* para tener una apreciación más fina de obstáculos que en el *software* muchas veces no está contemplado y una mejor vista muchas veces en tres dimensiones. Con toda esta información se procede a realizar las visitas de LOS y TSS para confirmar los datos obtenidos en el *software* y proceder a realizar el estudio de ingeniería del enlace.

1.1.2. ELABORACIÓN DE LOS PERFILES TOPOGRÁFICOS A INSTALAR.

Para realizar el perfil topográfico y validar la línea de vista de forma digital necesitamos las coordenadas geográficas de los sitios terminales del proyecto los cuales se muestran en la tabla No.1.1. Para observar y generar estos perfiles utilizaremos el programa Pathloss, para la generación de los perfiles se explicará paso a paso todas las acciones a realizar para obtener el mismo. Los perfiles se encuentran en la fig. 1 a la fig. 6, y se realizará una descripción de las características de cada uno de los perfiles.

ESTACIÓN	CUENCA	SR. PUNGO	PATOCOCHA	CERRO BOSCO
LATITUD	2°54'05,13" S	2°48'20.5" S	3°00'32.2" S	3°00'1.5" S
LONGITUD	78° 58'53.22" W	78° 49'19.8" W	78° 39'44.5" W	78° 30'34.9" W
ESTACIÓN	CUTUCU	SAN LUIS DE UPANO	KILAMO	
LATITUD	2°47'6.2" S	2°28'1.3" S	2° 18'13.8" S	
LONGITUD	78° 15'25.3" W	78° 09'15.7" W	78° 8'25.2" W	

Tabla No.1.1 Coordenadas Geográficas de las Estaciones Terminales de los Enlaces

En la fig.1.1 se encuentra el perfil del enlace Cuenca dirección Señor Pungo. En la parte izquierda de la figura se encuentra representada la estación Cuenca con sus datos geográficos y en la parte derecha la estación Señor Pungo, también con su información geográfica. En la parte central se encuentra la información del enlace, como es la distancia, frecuencia fundamental de operación y valor de k para el cálculo de la Zona de Fresnel. Uniendo las dos estaciones se encuentran tres líneas. La superior representa la línea de vista en línea recta entre las dos estaciones. La línea de la mitad representa la Zona de Fresnel para $k=4/3$ y la línea inferior la Zona de Fresnel para $k=1/3$.

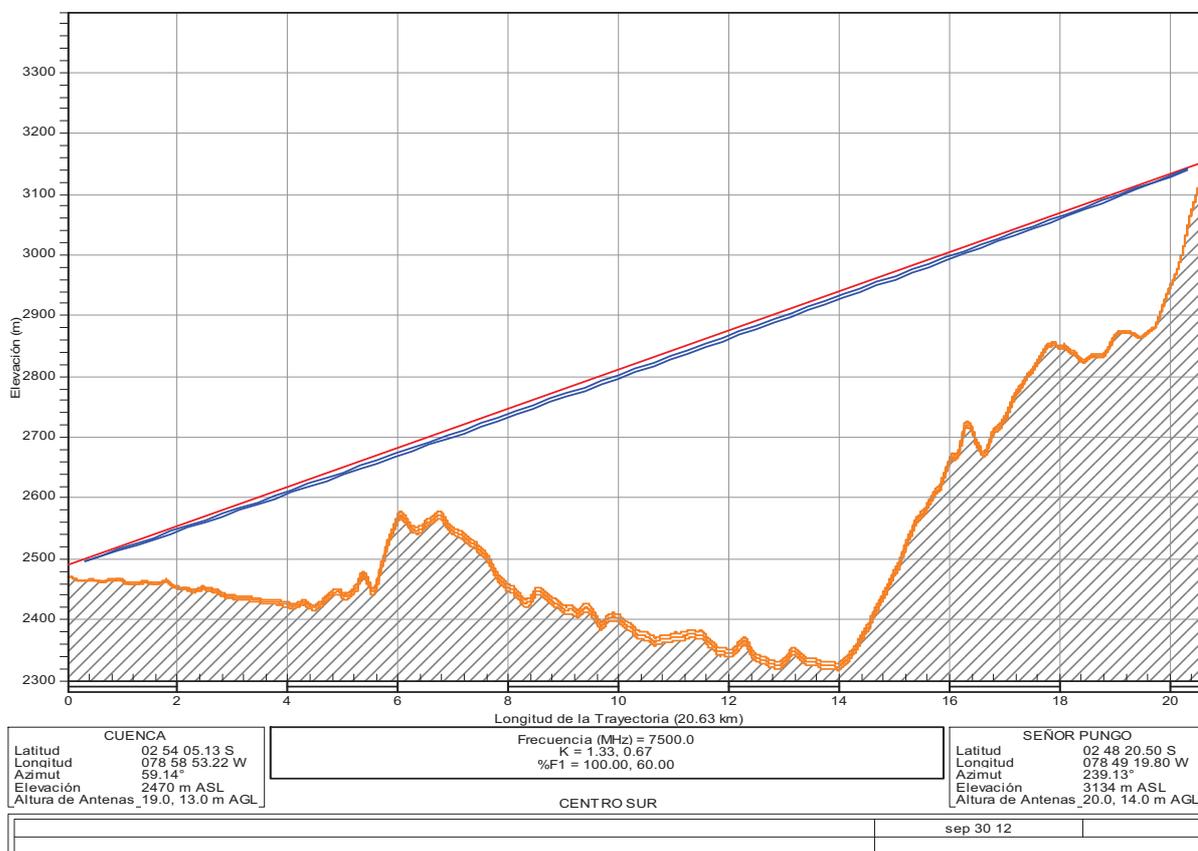


Fig. 1.1 "Perfil del Enlace Cuenca – Señor Pungo"

En la fig. 1.2 se encuentra el perfil del enlace Señor Pungo dirección Patocochoa. Este perfil contiene la misma información descrita para la fig.1.1, en este caso en la parte izquierda se encuentra la estación Señor Pungo y en la derecha la estación Patocochoa.

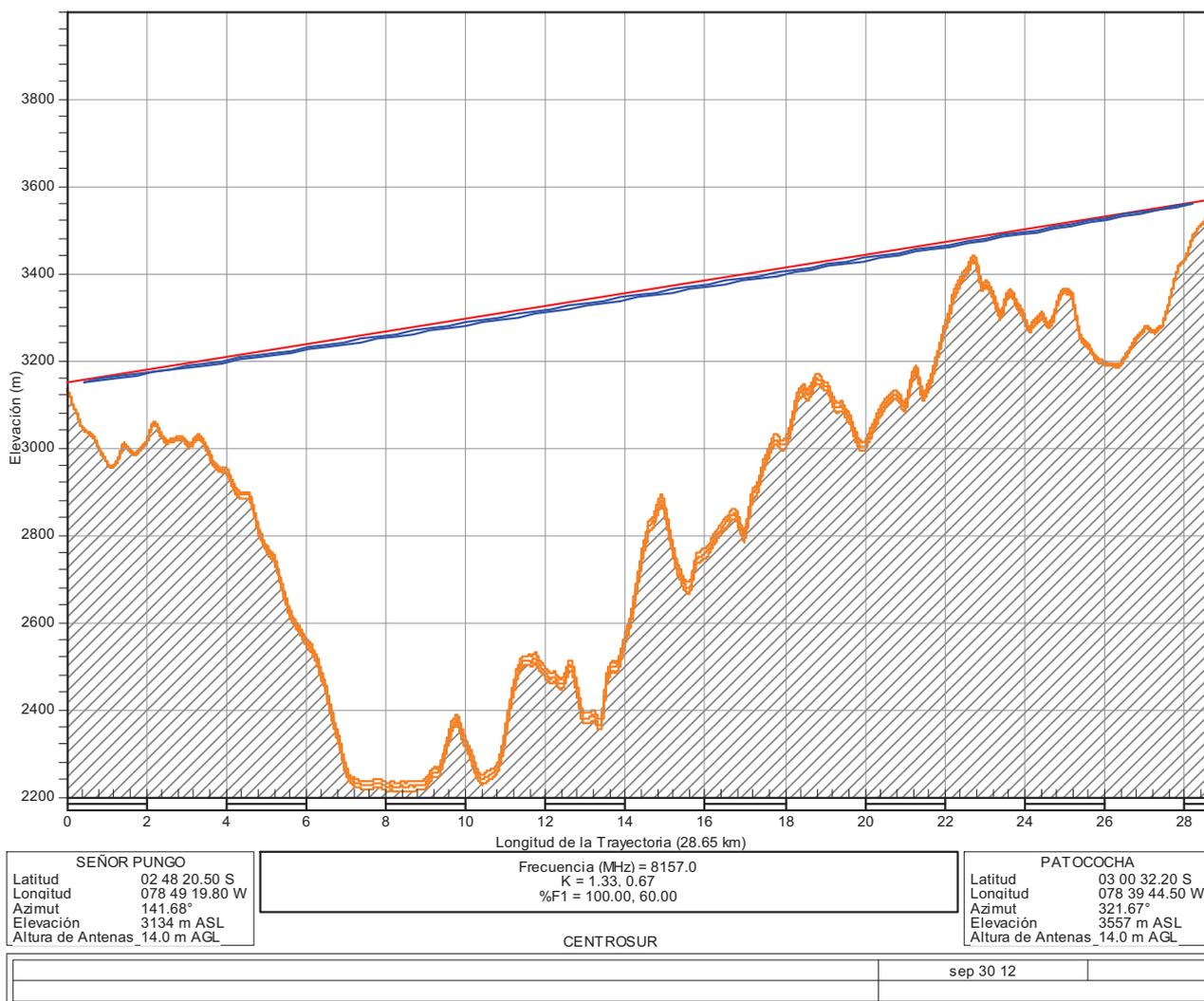


Fig. 1.2 "Enlace Señor Pungo – Patocochoa"

En la fig. 1.3 se observa el enlace Patococha dirección Cerro Bosco. En la parte izquierda la información de la estación Patococha y en la parte derecha de la estación Cerro Bosco. En la fig. 1.4 se tiene el enlace Cerro Bosco dirección Cutucu. En la parte izquierda la estación Cerro Bosco y en la parte derecha la estación Cutucu.

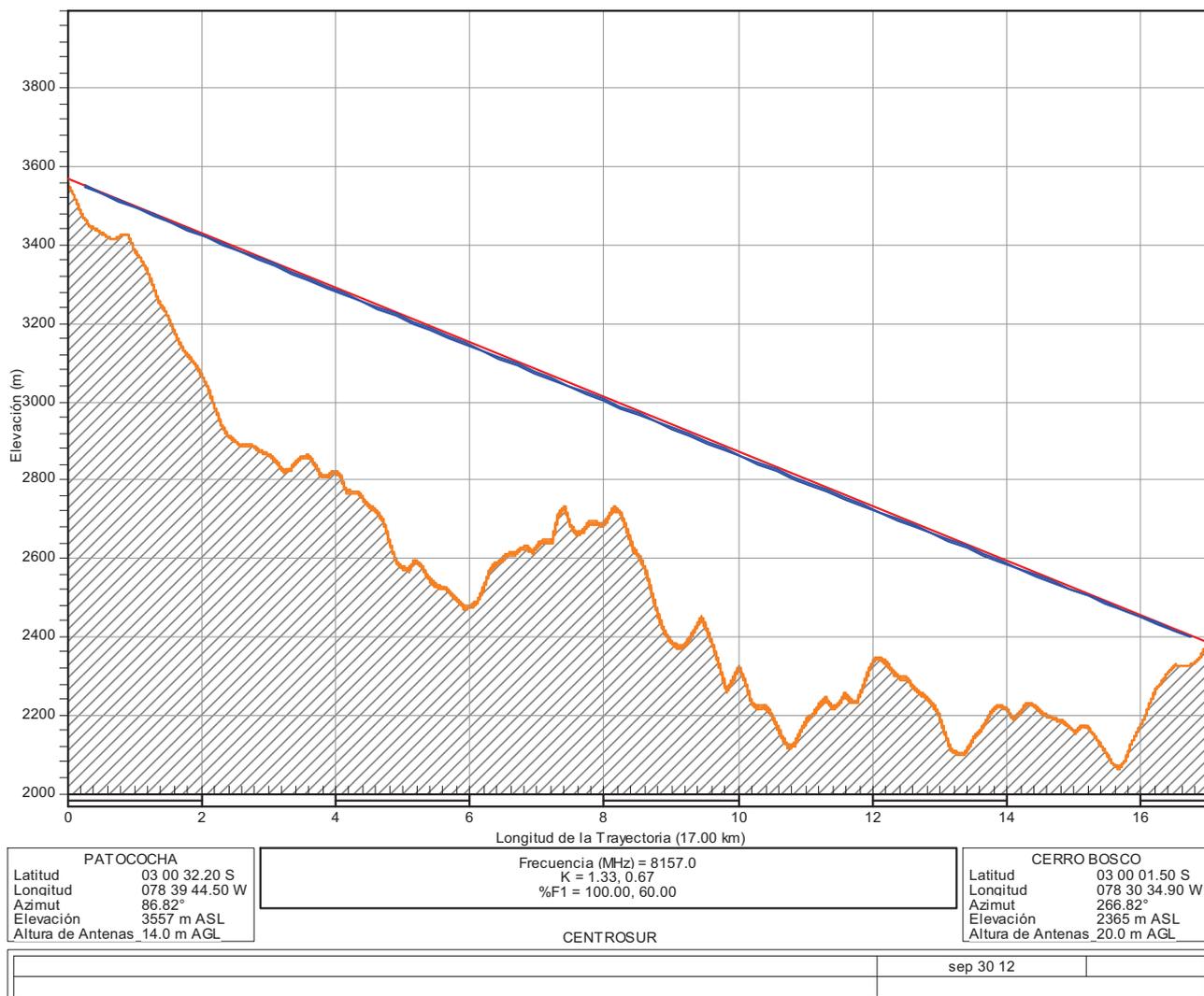


Fig.1.3 "Enlace Patococha – Cerro Bosco"

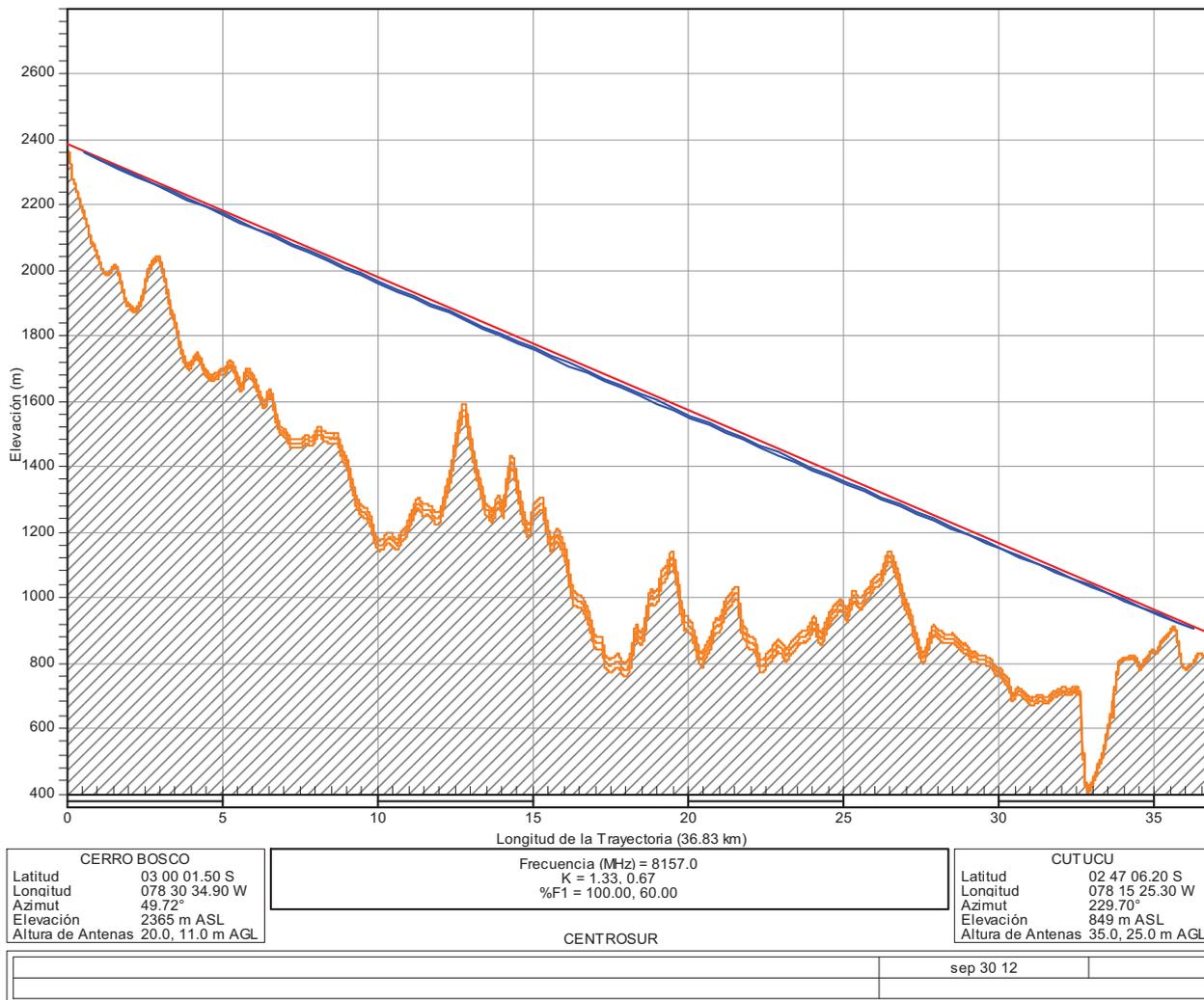


Fig.1.4 "Enlace Cerro Bosco – Cutucu"

En la fig. 1.5 se encuentra el perfil del enlace Cutucu dirección San Luis de Upano. En la parte izquierda de la imagen la estación Cutucu con toda su información y en la parte derecha la estación San Luis de Upano. Finalmente en la fig. 1.6 se encuentra el perfil del enlace San Luis de Upano dirección Kilamo. Al lado izquierdo de la figura se encuentra la estación San Luis Upano y en la parte derecha todo lo concerniente con la estación Kilamo.

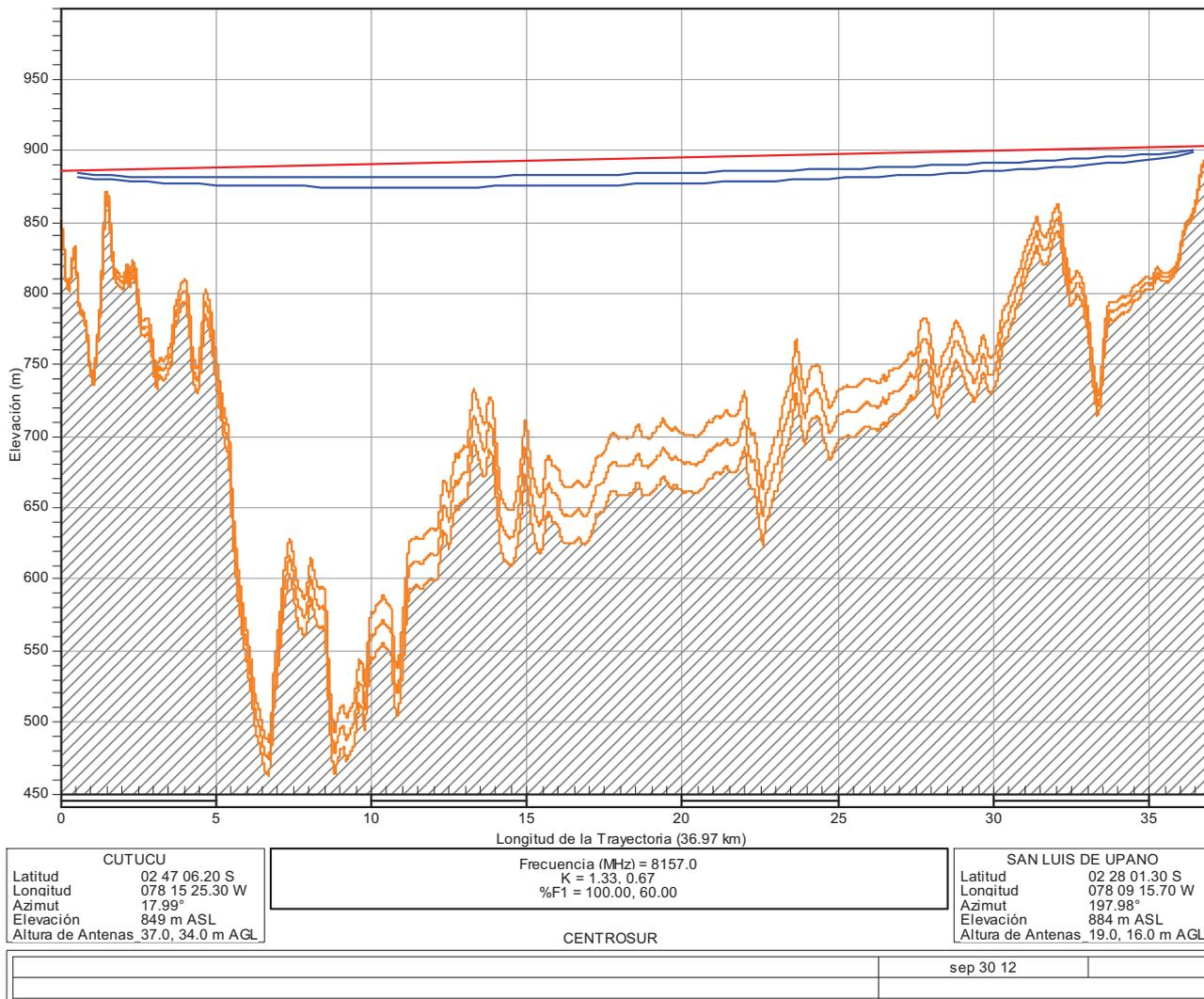


Fig. 1.5 "Cutucu – San Luis de Upano"

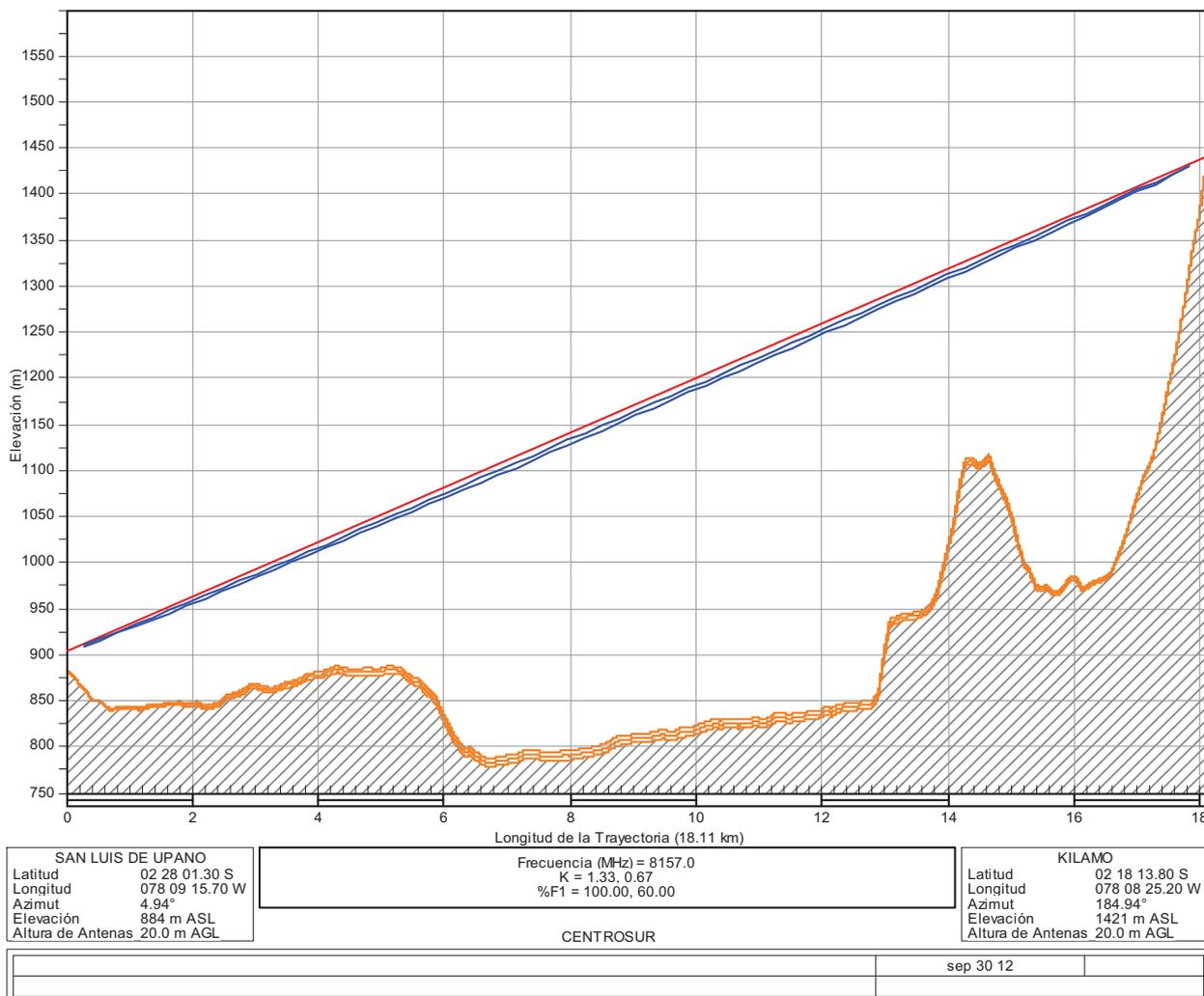


Fig. 1.6 “Enlace San Luis de Upano – Kilamo”

Para la descripción de los pasos en la generación de los perfiles, primeramente se ingresarán las coordenadas en el módulo *network* (red) del *software*. En el menú datos opción *site list* (lista de sitios), se encuentra una lista de todas las estaciones de la red. Al tener gráficamente todos los elementos y enlaces es más fácil generar y visualizar como es nuestra red a instalar. En la fig. 1.7 se observa la red de microonda proyectada.

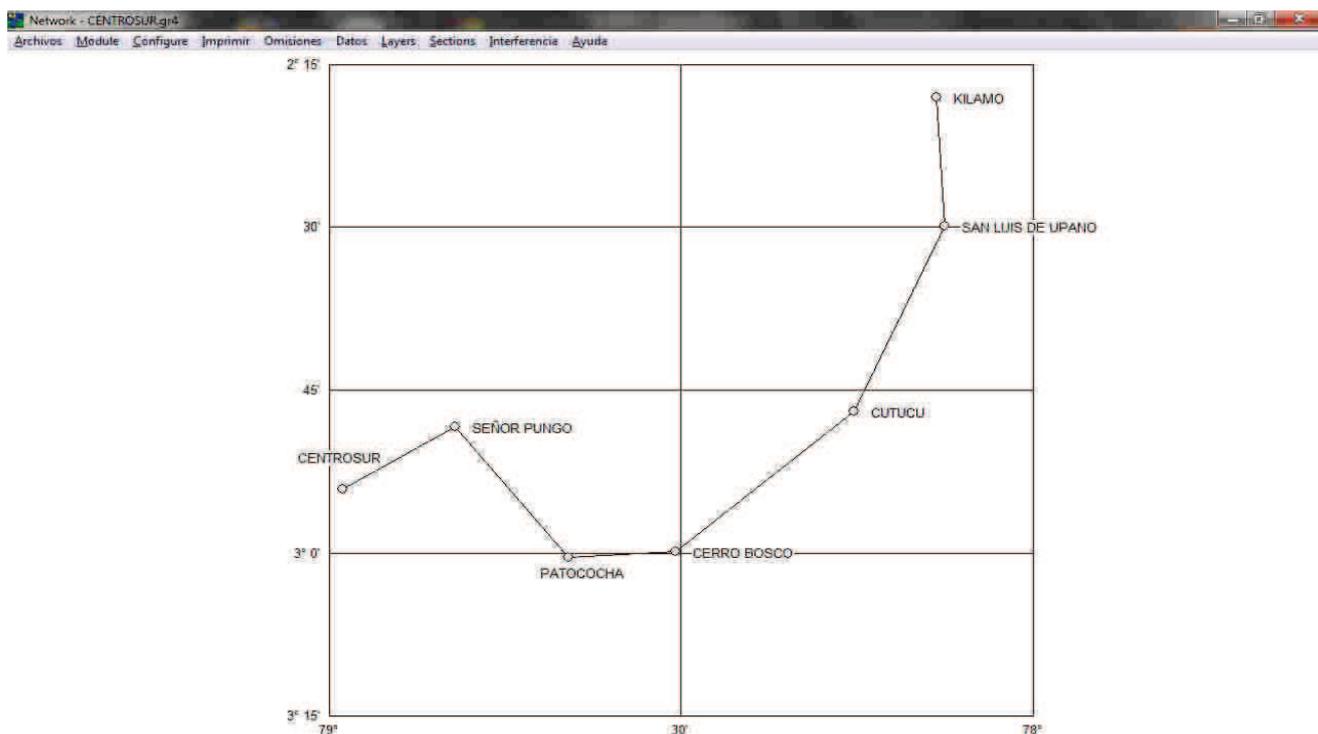


Fig. 1.7 'Ubicación de los Enlaces de la Red Proyectada'

Los puntos representan las estaciones y las líneas los enlaces. Para generar el perfil es necesario seleccionar con un *click* derecho sobre la línea y escogemos la opción datos de terreno. Seguido saldrá una nueva ventana en la cual se escoge el menú *operation* (operación), la opción *generate profile* (generar perfil) y aparece la imagen de la fig. 1.8 Ponemos *generate* (generar) y se graficará el perfil y se podrá validar la línea de vista.

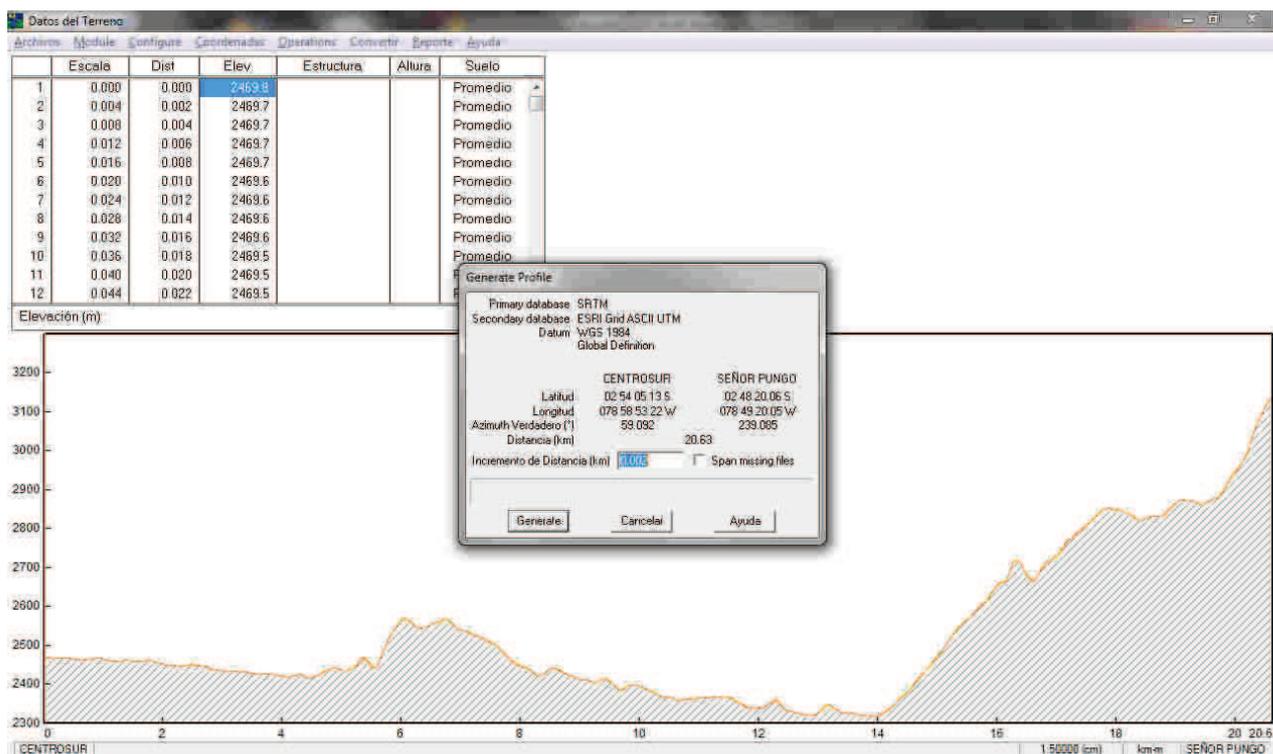


Fig. 1.8 "Pantalla que se Obtiene para Generar el Perfil Topográfico"

El resultado final que obtenemos es el perfil donde se observa las zonas de Fresnel en color azul. Se encuentra un cuadro resumen de las coordenadas y alturas sobre el nivel del mar en que se encuentran las estaciones terminales. También se observa la longitud del enlace, la frecuencia fundamental de operación y para qué valores de la zona de Fresnel se realizó el trazo. En la Fig. 1.9 se encuentra el perfil final que se obtiene para cada uno de los enlaces.

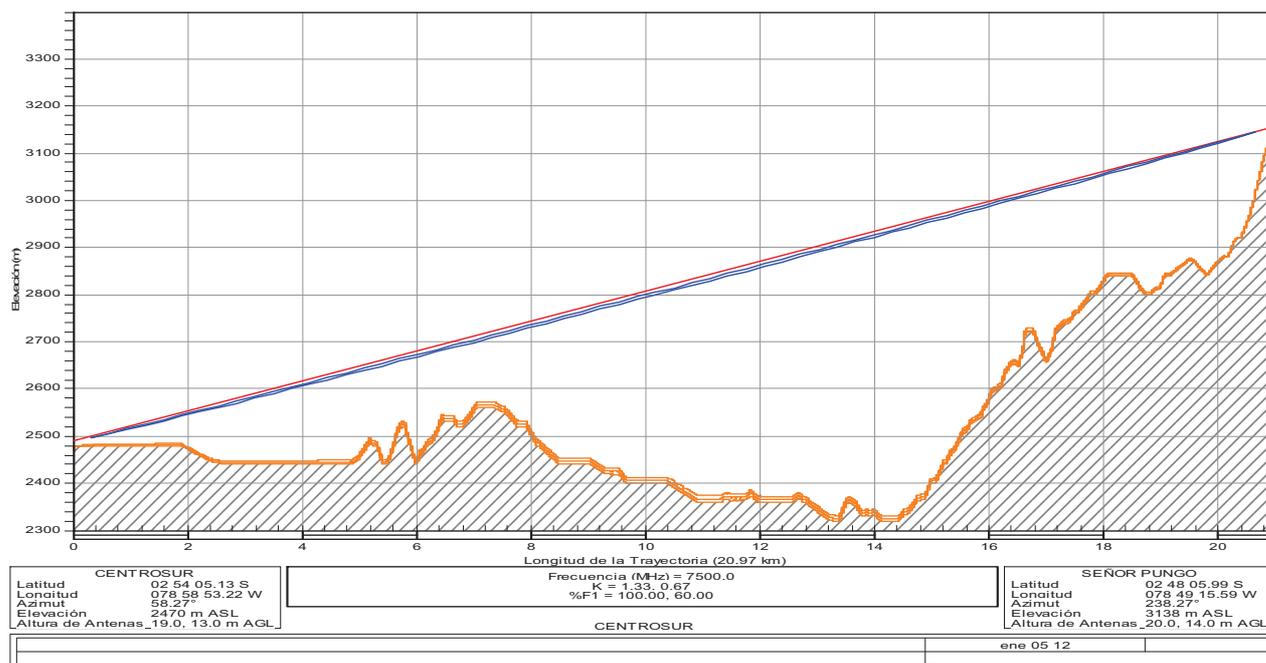


Fig. 1.9 "Perfil Topográfico donde se Observa el Despeje de la Zona de Fresnel"

1.2.DISEÑO Y ELABORACIÓN DE LOS CÁLCULOS DE INGENIERÍA.

1.2.1. DEFINICIONES.

El estudio de ingeniería es parte fundamental para la instalación del radio enlace. Este documento se lo puede generar mediante cálculos manuales conservando y aplicando las recomendaciones de la UIT "Unión Internacional de Telecomunicaciones". Entre las principales recomendaciones utilizadas tenemos la ITU-R P.530-7 e ITU-R P.530-8.

Hoy en día existen programas que nos permiten realizar los cálculos de manera automatizada y cumpliendo las normativas y recomendaciones para cálculos de radio enlaces según la UIT "Unión Internacional de Telecomunicaciones".

Los principales datos que se obtienen son las pérdidas en el enlace, la potencia de operación, la altura a la que se encuentran las antenas, azimut y ángulo de elevación, frecuencias de transmisión, etc. Estos datos proporcionados por el software, el momento de la instalación serán la referencia para la instalación y configuración del radio enlace de microondas.

Hay que tomar en cuenta siempre que el cálculo de ingeniería tiene que cumplir con valores de disponibilidad y de calidad en cada uno de los enlaces. Este valor no se encuentra normalizado y depende más de la necesidad y requerimiento del cliente y los datos a ser transportados.

En este proyecto al realizar el estudio de ingeniería esperamos tener una disponibilidad y calidad en el enlace mínimo del 99.995% anual. Con este valor nos aseguramos que el enlace se encontrará operativo en perfectas condiciones por el 99.995% del año, en otras palabras el enlace no podrá estar inoperativo más de 26.28 minutos en el año.

1.2.2. DESARROLLO Y ELABORACIÓN:

Antes de proceder a realizar el estudio de ingeniería es necesario tener claro cuáles son los objetivos de calidad y disponibilidad del enlace. Para los enlaces a instalar los objetivos tanto de calidad como de disponibilidad son de 99.995% anual. Para los cálculos de disponibilidad y calidad se utilizará la recomendación de la ITU-R P.530-7/8.

En el software a utilizar en este caso Pathloss, en todos sus archivos ya se encuentran archivadas las recomendaciones a utilizar. Es importante conocer que la disponibilidad del enlace se encuentra directamente ligada a la intensidad de lluvia de la zona o la región en la cual se instalará el enlace.

Actualmente la ITU tiene archivos y datos de todas las regiones y zonas del mundo con sus valores de intensidad de lluvia. En el Ecuador existen dos regiones la N y la P. La región N tiene una intensidad de lluvia de 95 mm/hr, este valor es utilizado para la región Sierra e Insular del Ecuador. La región P tiene una intensidad de lluvia de 145 mm/hr, este valor se utiliza en la región Costa y Oriente del Ecuador. Estos valores se pueden confirmar en la fig. 1.10.

Estos valores son de acuerdo a estudios realizados por la ITU para cada región del planeta y sus intensidades de lluvia. Se han clasificado en quince regiones registradas desde la región A hasta la región Q. En la Tabla 1.2 se observan los valores que presentan cada una de las regiones. En la fig. 1.10 se aprecia un gráfico de la distribución de las zonas en el planeta.

%	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q
1.0	0.1	0.5	0.7	2.1	0.6	1.7	3.0	2.0	8.0	1.5	2.0	4.0	5.0	12	24
0.3	0.8	2.0	2.8	4.5	2.4	4.5	7.0	4.0	13	4.2	7.0	11	15	34	49
0.1	2.0	3.0	5.0	8.0	6.0	8.0	12	10	20	12	15	22	35	65	72
0.03	5.0	6.0	9.0	13	12	15	20	18	28	23	33	40	65	105	96
0.01	8.0	12	15	19	22	28	30	32	35	42	60	63	95	145	115
0.003	14	21	26	29	41	54	45	55	45	70	105	95	140	200	142
0.001	22	32	42	42	70	78	65	83	55	100	150	120	180	240	170

Tabla. 1.2 "Zonas climáticas de lluvia según la ITU"

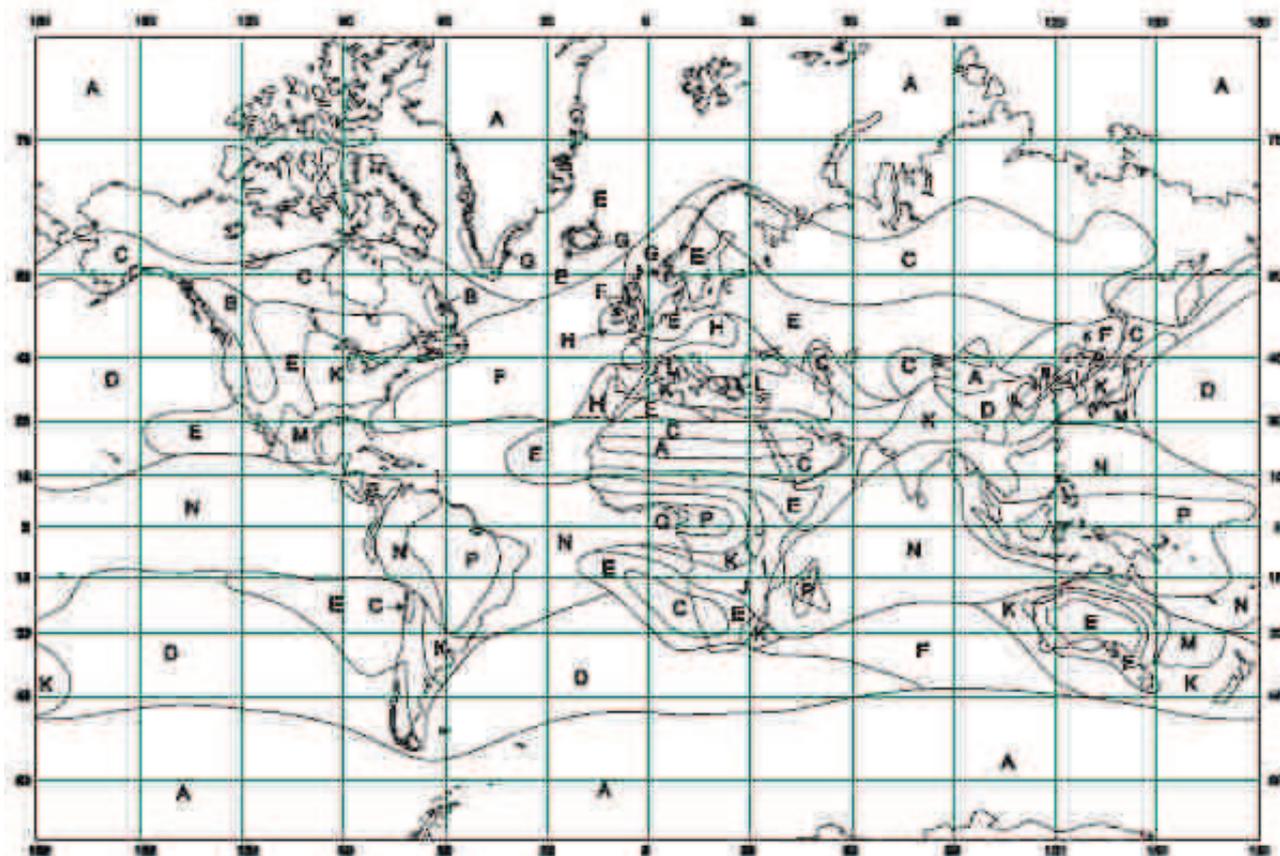


Fig. 1.10 "Regiones de lluvia en el planeta"

Para los valores de calidad se tiene que tomar en cuenta el perfil topográfico y la zona a instalar. En lugares planos y de baja altura sobre el nivel del mar, cuando en la trayectoria del enlace hay una gran cantidad de agua, el enlace tendrá problemas de propagación en especial por multi-trayectoria.

En estos casos hay que tomar medidas y configuraciones diferentes para mejorar la propagación, estas medidas son diversidad de espacio y la diversidad de frecuencia.

El momento de realizar el estudio de ingeniería existen parámetros importantes, además de los objetivos de disponibilidad y calidad. Entre estos parámetros importantes están los valores del nivel de recepción el cual no puede ser mayor al valor de recepción y saturación sugerido en el manual para la ODU "*Outdoor Unit*" o "Unidad Exterior", en este caso no puede ser mayor a -25dbm.

El valor de recepción tampoco puede ser menor al valor de umbral, si tenemos un valor menor, el enlace lo perderemos y comenzará a generar errores, debido a que las ODUs ya no podrán leer el valor de señal recibida. Otro valor importante es el margen de desvanecimiento, el cual es un valor que se determina con relación al nivel de umbral.

Otro parámetro en el diseño de la red es la frecuencia de operación. Se debe tener en cuenta que a frecuencias altas, mayores a 10 Ghz, se tienen problemas de propagación por la atenuación con la lluvia. Esto provoca en muchos casos que el enlace se pierda o que se comience a generar errores en la información que se está transportando.

En enlaces a frecuencias menores que 10 GHz las distancias que cubren estos son más grandes ya que no presentan mucha atenuación ante la lluvia. Al ser enlaces sobre suelo plano el problema que se presenta son multitrayectorias de las señales, debido a reflexiones en el suelo. Para los dos casos existen medidas para mejorar la calidad y disponibilidad del enlace, esto es diversidad de frecuencia y diversidad de espacio. Estas medidas se las analizará más profundamente en los siguientes capítulos.

1.2.3. ELABORACIÓN DEL CÁLCULO DE INGENIERÍA:

La elaboración del cálculo de ingeniería se la realizará utilizando el programa Pathloss de acuerdo a la recomendación ITU-R P.530-7/8. Para ello se tiene que ingresar al programa y en el menú Módulo seleccionar la opción Tabla de Cálculos. Obteniéndose la imagen de la fig. 1.11, cada uno de sus submenús y opciones se describirán a continuación.

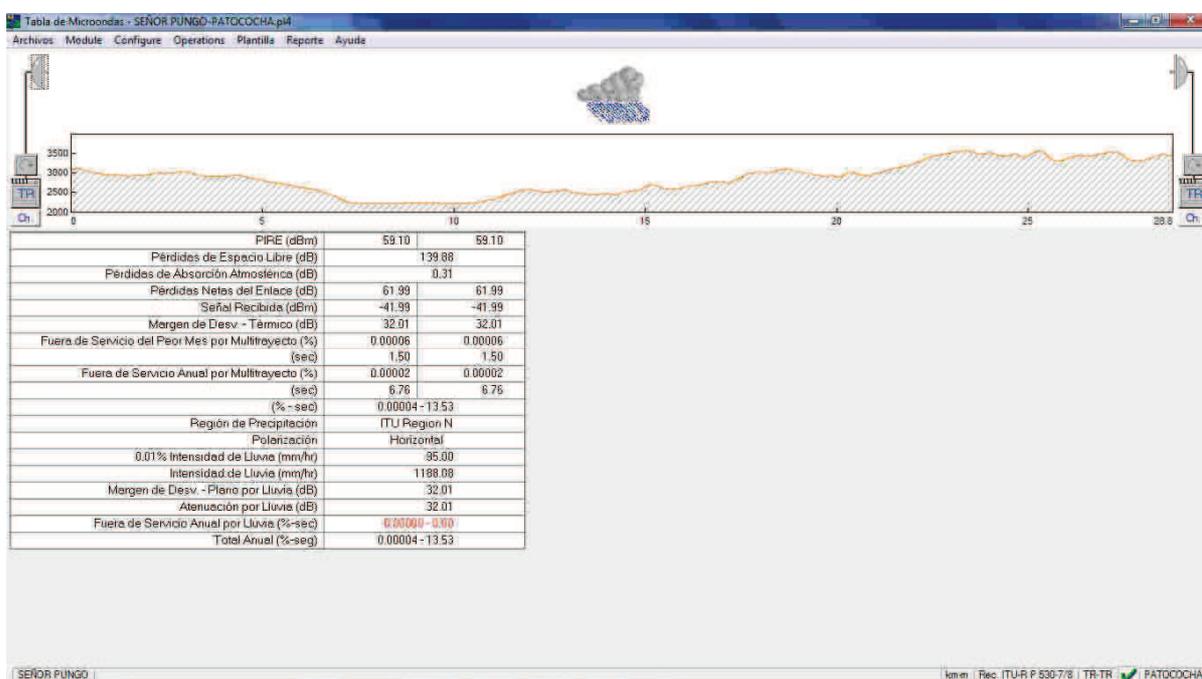


Fig 1.11. "Menú Principal donde se Ingresan los Datos para el Cálculo de Ingeniería"

Es importante indicar que en la parte del Pathloss donde se menciona el valor de Atenuación de Lluvia (dB), se refiere al valor máximo que el enlace puede atenuarse antes de perder la conexión. En todos los casos este valor será el mismo que el Margen de Desvanecimiento. Este tipo de aclaraciones son fundamentales para evitar confusiones con los valores presentados por el software.

Cada figura que se observa con menús donde se tienen que ingresar datos para proceder con el cálculo y predicción del funcionamiento del enlace a instalar, se los describe a continuación paso a paso. Primero dando *click* sobre la nube tenemos la primera ventana donde se tienen que ingresar los valores de intensidad de lluvia. Como se mencionó anteriormente la región N se utilizará para Región Sierra, esto quiere decir para los enlaces CENTROSUR - Señor_Pungo, Señor_Pungo – Patococha y Patococha – Cerro_Bosco. La región N se utilizará en los enlaces Cerro_Bosco – Cutucu, Cutucu – San_Luis_Upano y San_Luis_Upano – Kilamo, esto debido a que estos enlaces se encuentran ubicados en la región del Oriente.

En este menú también se escoge el método de cálculo, en este proyecto el utilizado es la recomendación de la ITU-R P.530-7/8. También se tiene que escoger la polarización de las antenas y en la cual funciona el enlace. En la fig. 1.12 se puede observar el menú mencionado.

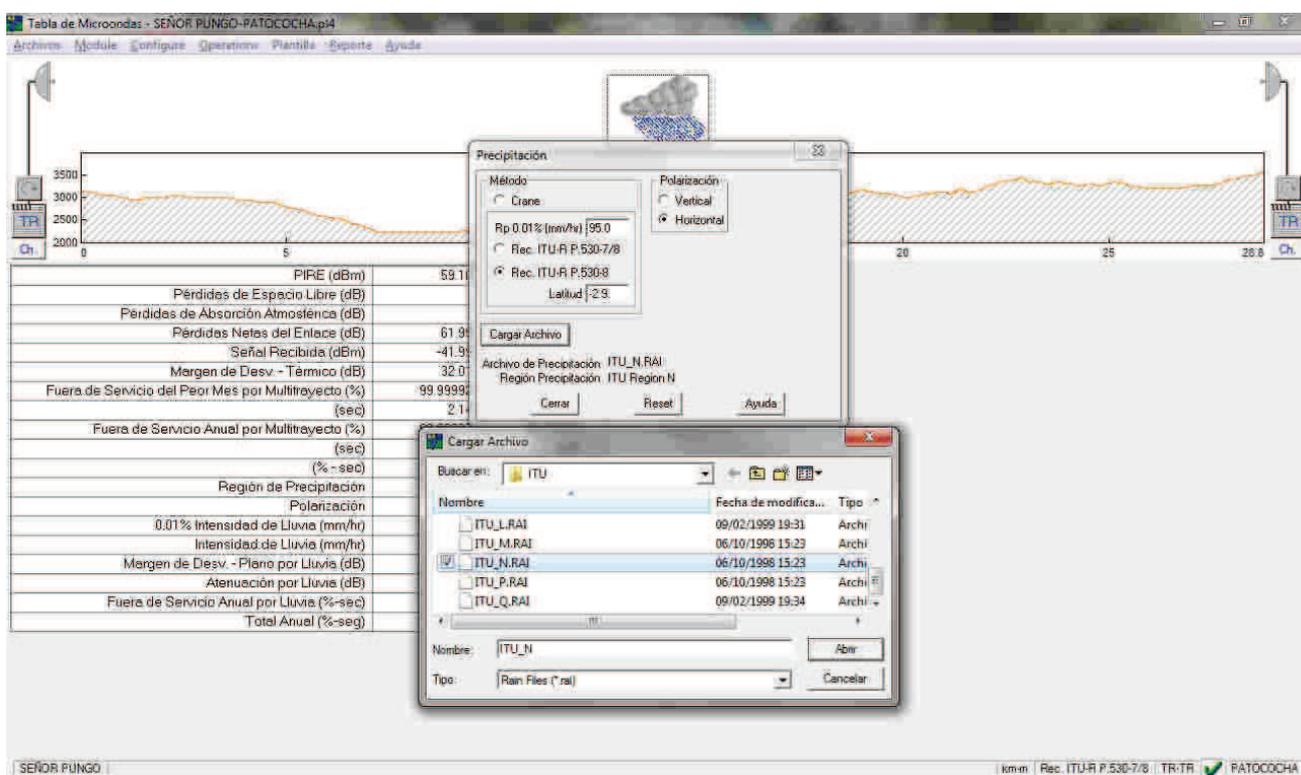


Fig. 1.12 "Menú para la Selección de la Región del Clima"

Los siguientes datos a ingresar hay que dar *click* sobre el terreno, en este menú se deberá ingresar la frecuencia fundamental de operación del enlace de acuerdo a las recomendaciones de la ITU y la banda de frecuencia escogida de acuerdo a la distancia del enlace y la región donde se implementará. También se tiene que escoger las características del perfil topográfico, de acuerdo si el enlace se encuentra en un sitio de altura o no, además si el enlace pasa por agua o no. Con estos datos se realiza los cálculos de reflexiones y multitraectorias que afectan muchas veces el desempeño del enlace. En la fig. 1.13 se observa el menú descrito.

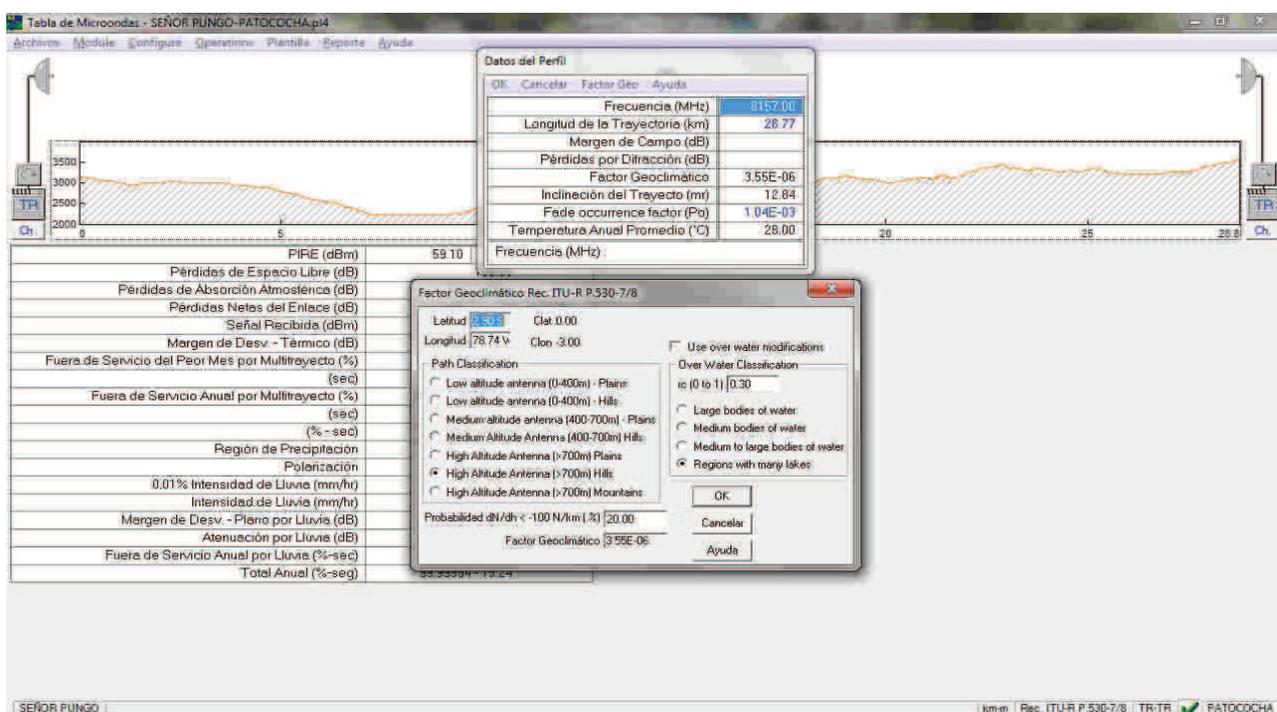


Fig. 1.13 "Menú para el Ingreso de las Características del Terreno"

Los siguientes menús tienen que ver ya con los equipos a instalar y sus características. En primer lugar se abrirá con un *click* sobre el gráfico de la antena, aquí se tiene que escoger la antena a instalar y su diámetro. Hay que recordar que existen diversos tipos de antenas, en nuestro caso se utilizan antenas parabólicas de alto rendimiento (HP "high performance") y que depende del diámetro para determinar la ganancia de la misma.

Entre los principales datos que se observan están el modelo de la antena, el diámetro, la ganancia, el ancho del haz de 3db o punto de media potencia, de este valor depende que la antena sea *High Performance* o *Estándar*, azimut y ángulo vertical. En la fig. 1.14a se puede observar estos valores.

Para continuar se tiene que dar *click* sobre la línea de transmisión entre la ODU y la antena. Típicamente es la guía de onda ya sea flexible o rígida. En nuestro caso no es necesario introducir estos valores ya que las antenas utilizadas son integradas, esto quiere decir que no necesitan de guía de onda para acoplar la ODU con la antena, sino que el acoplamiento es directo a través de un acoplador llamado *Splitter* o híbrido, evitando así el uso de guía de onda. Este menú se lo observará en la fig. 1.14b

Continuando tenemos que introducir las pérdidas generadas por acopladores, filtros y conmutadores. Para poner los valores se necesita dar click sobre el cuadro que contiene el símbolo de una flecha con una trayectoria circular. Aquí ingresamos las pérdidas misceláneas que son las que genera el Splitter o híbrido, este puede ser balanceado con un valor de 3,6db de pérdida en el canal principal y en el *standby* o desbalanceado con un valor de 1,7db en el principal y 7,6db en el secundario. El otro valor que hay que ingresar es otras pérdidas que debe ser un valor típico de 1db que viene a ser la tolerancia del enlace para tomar en cuenta pérdidas generadas principalmente por los conectores. Observar la fig. 1.14c que contiene el menú

Antenas TR - TR		
OK Cancelar Tablas Code Index Inspeccione Ayuda		
	SEÑOR PUNGO	PATOCOCHA
Modelo de Antena	VHLP6-7W	VHLP6-7W
Diámetro de Antena (m)	1.83	1.83
Altura de Antena (m)	14.00	14.00
Ganancia de Antena (dBi)	40.80	40.80
Pérdida por Radome (dB)		
Código	VHLP6-7W	VHLP6-7W
Ancho de Haz de 3 dB (°)	1.50	1.50
Azimuth Verdadero (°)	141.62	321.61
Ángulo Vertical (°)	0.64	-0.83
Azimut de la Antena (°)		
Antenna Downtilt (±°)		
Orientation Loss (dB)		
SEÑOR PUNGO Modelo de Antena:		

Fig. 1.14a "Ventana para Ingresar los Datos de Antena"

Lineas de Transmisión TR - TR (14.0 - 14.0)		
OK Cancelar Tablas Ayuda		
	SEÑOR PUNGO	PATOCOCHA
Tipo de Línea de TX		
Longitud de Línea de TX (m)		
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB/100 m)		
Pérdida en Línea de TX (dB)		
Pérdida en Conectores (dB)		
SEÑOR PUNGO Tipo de Línea de TX:		

fig. 1.14b "Ventana para Introducir las Pérdidas por Líneas de Transmisión"

Red de Duplexores TR - TR		
OK Cancelar Ayuda		
	SEÑOR PUNGO	PATOCOCHA
Pérdidas Misceláneas (dB)	1.70	1.70
Pérdidas en Circulador (dB)		
Pérdidas en Conmutador TX (dB)		
Pérdidas en Filtro TX (dB)		
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Pérdidas en Híbrido RX (dB)		
Pérdidas en Filtro RX (dB)		
Otras Pérdidas RX (dB)		
PATOCOCHA Pérdidas en Híbrido RX (dB):		

Fig. 1.14c "Ventana para Introducir las Pérdidas por Acopladores"

Para continuar se tiene que dar *click* sobre el cuadrado que contiene la descripción TR "Transmisión – Recepción". Es aquí donde se tiene que ingresar los datos del radio o de la IDU "Indoor Unit". Cada modelo de radio y dependiendo de la marca tienen generados sus propios archivos Pathloss con las principales características y valores típicos del equipo. Entre los valores más importantes se encuentran la capacidad que soporta y se transmitirá en el interfaz aire, su potencia de transmisión, nivel de umbral, entre otros valores. Cada radio tiene sus propias características y dependiendo de estas puede presentar ventajas sobre otros competidores.

La potencia de transmisión depende de la modulación, capacidad que se requiere y la frecuencia de operación. Mientras mayor es la modulación y la capacidad que se requiere en el equipo la potencia de transmisión también disminuye. La ventana de este menú se la puede observar en la fig. 1.15.

Equipo de Radio		
OK Cancelar Tablas Code Index Inspecciones BER... Ayuda		
	SEÑOR PUNGO	PATOCOCHA
Modelo de Radio	ALB-ALPlus 53E1 32QAM	ALB-ALPlus 53E1 32QAM
Distintivo	53E1-32QAM	53E1-32QAM
Designador de Emisor	28M00D7WET	28M00D7WET
Código	ALB_53E1_32QAM	ALB_53E1_32QAM
Potencia de Transmisión (w)	0.10	0.10
Potencia de Transmisión (dBm)	20.00	20.00
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-74.00	-74.00
Nivel de Señal RX Máximo (dBm)		
Umbral de RX para BER 10-6 (dBm)	-72.00	-72.00
T to I Cochannel (dB)	29.00	29.00
Signature delay (ns)	6.30	6.30
Signature width (MHz)	22.00	22.00
Signature depth min phase (dB)	22.00	22.00
Signature depth nomini phase (dB)	22.00	22.00
SEÑOR PUNGO Modelo de Radio:		

Fig. 1.15 "Ventana para Ingresar los Valores Característicos del Radio"

El último menú para culminar con el cálculo de la ingeniería es el rectángulo con descripción Ch en este se introducirá las frecuencias a la que operará el enlace. Hay que recordar que por enlace se requiere de un par de frecuencias la una que se utiliza en transmisión y la otra se utiliza para la recepción. La ventana se observará en la fig. 1.16.

SEÑOR PUNGO TX					PATOCOCHA TX					
	Ch ID	TX (MHz)	ATPC	Pwr rd.	Pol	Ch ID	TX (MHz)	ATPC	Pwr rd.	Pol
1	4R	8276.0000			▼	4I	8010.0000			▼
2					▼					▼
3					▼					▼
4					▼					▼
5					▼					▼
6					▼					▼
7					▼					▼
8					▼					▼
9					▼					▼
10					▼					▼
11					▼					▼
12					▼					▼

SEÑOR PUNGO Channel ID 1 :

Fig. 1.16 "Ventana para Ingresar los Valores de las Frecuencias de Operación de los Enlaces"

Una vez ingresados todos estos parámetros podemos obtener el estudio de ingeniería final. Este se genera seleccionando el menú reporte y dando click en *full report* (Reporte Completo). Entre los principales valores que se generan en primer lugar están los datos geográficos de las dos estaciones.

De ahí seguimos con las características de las antenas. El bloque que continua son las pérdidas generadas por conectores y acopladores. Continuamos con el cuadro donde se encuentra la frecuencia fundamental, polarización, longitud del enlace y pérdida de espacio libre y neta.

Abajo se encuentra la descripción del radio, donde se observa su potencia de transmisión, modulación, capacidad, ancho de banda, frecuencia de transmisión y el nivel de umbral. Después tenemos un cuadro que contiene la señal recibida y su margen de desvanecimiento. La potencia de recepción no puede ser superior a -25dbm para evitar que la ODU "Unidad Exterior" se quemara o sufra saturación y comience a generar errores. El margen de desvanecimiento es un valor que puede degradarse o perder el enlace en potencia de recepción antes de que se comience a generar errores o se pierda el enlace por completo.

En los últimos tres bloques tenemos en primer lugar los valores típicos de temperatura y factores climáticos. En el segundo bloque se encuentra los valores de calidad que tendrá nuestro enlace y que debe cumplir con los objetivos en este caso debe ser igual o superior a 99,995%.

Finalmente en el último bloque tenemos los valores típicos de intensidad de lluvia, los cuales generan la indisponibilidad del enlace. En la última línea de este bloque se encuentra la disponibilidad total anual del enlace, la cual también tiene que cumplir con el objetivo de 99,995%.

Cuando no se cumplen con los objetivos de calidad o de disponibilidad es necesario introducir medidas de mejoramiento en la propagación. En la mayoría de casos si el problema es de calidad generado por multi-trayectorias es recomendable utilizar diversidad de espacio.

La diversidad de frecuencia y de espacio son contramedidas ante los problemas de propagación en un radio enlace. La diversidad de frecuencia nos ayuda mediante la utilización de dos frecuencias distintas a tener una mayor protección ante problemas de interferencia. Cuando la frecuencia de operación principal sufre una interferencia externa, se realiza la conmutación al otro par de frecuencias. Evitando que el enlace sufra problemas en su comportamiento y cumpliendo con los objetivos de calidad.

Es importante mencionar que cuando tenemos un enlace en diversidad de frecuencia y el par de frecuencias se encuentran en distintas bandas, esto nos puede ayudar a mejorar la disponibilidad en enlaces que presentan problemas por la lluvia. Este caso es algo complicado por la dificultad de obtener dos portadoras distintas en bandas de frecuencia distintas. Al tener un espectro limitado no es conveniente obtener esta situación.

La diversidad de espacio se la utiliza principalmente cuando tenemos enlaces en los cuales existen multitrayectorias. Las mismas se pueden dar por tener enlaces en sitios con grandes extensiones de agua, donde el trayecto es totalmente plano o la distancia del enlace es muy larga. La diversidad de espacio consiste en poner dos antenas separadas una cierta distancia con el fin de mover el punto de reflexión, con lo cual se evita que llegue una señal en contrafase a nuestro receptor. En muchos casos vamos a tener problemas de calidad y disponibilidad se requiere poner un enlace con diversidad de espacio y de frecuencia.

1.2.4. LECTURA E INTERPRETACIÓN DE LOS CÁLCULOS DE INGENIERÍA

En esta sección se describirá y observará como se presenta la ingeniería final. Se interpretará cada una de las partes que consta el reporte. Con este documento se tendrá que instalar y configurar cada uno de los enlaces. Esta predicción es sumamente importante ya que permite al instalador para la configuración del equipo y el momento de la alineación llegar al nivel nominal de recepción.

El archivo que contiene los cálculos tiene nueve campos los cuales se detallarán e indicarán la interpretación de cada parámetro. En la fig. 1.17 se muestra el archivo que genera el programa Pathloss y se irán describiendo cada uno de ellos. La lectura correcta de este documento es fundamental al momento de instalar y configurar los equipos para el correcto funcionamiento.

Al final del análisis e interpretación de los cálculos de ingeniería se analizará los datos principales para cada uno de los enlaces implementados. En todos los enlaces podemos observar que se cumple con la disponibilidad solicitada. De los cálculos observamos que los enlaces tendrán un excelente comportamiento y garantizarán su correcto funcionamiento de acuerdo a lo solicitado por el cliente.

	SEÑOR PUNGO	PATOCOCHA
Elevación (m)	3069.90	3439.17
Latitud	02 48 05.99 S	03 00 20.10 S
Longitud	078 49 15.59 W	078 39 37.16 W
Azimuth Verdadero (°)	141.62	321.61
Ángulo Vertical (°)	0.64	-0.83
Modelo de Antena	VHLP6-7W	VHLP6-7W
Altura de Antena (m)	14.00	14.00
Ganancia de Antena (dBi)	40.80	40.80
Pérdidas Misceláneas (dB)	1.70	1.70
Frecuencia (MHz)	8157.00	
Polarización	Horizontal	
Longitud de la Trayectoria (km)	28.77	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	139.88	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.31	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	61.99	61.99
Modelo de Radio	AL8-ALPlus 53E1 32QAM	AL8-ALPlus 53E1 32QAM
Potencia de Transmisión (w)	0.10	0.10
Potencia de Transmisión (dBm)	20.00	20.00
PIRE (dBm)	59.10	59.10
Designador de Emisor	28M00D7WET	28M00D7WET
TX Channels	4h 8276.0000V	4i 8010.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-74.00	-74.00
Señal Recibida (dBm)	-41.99	-41.99
Margen de Desv. - Térmico (dB)	32.01	32.01
Factor Geoclimático	3.55E-06	
Inclinación del Trayecto (mr)	12.84	
Fade occurrence factor (Po)	1.04E-03	
Temperatura Anual Promedio (°C)	28.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	0.00008	0.00008
(sec)	2.14	2.14
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	0.00003	0.00003
(sec)	9.62	9.62
(% - sec)	0.00006 - 19.24	
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	32.01	
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	1188.08	
Atenuación por Lluvia (dB)	32.01	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-seg)	0.00000 - 0.00	
Total Anual (%-seg)	0.00006 - 19.24	

jue, ene 05 2012
SEÑOR PUNGO-PATOCOCHA.pl4
Reliability Method - Rec. ITU-R P.530-7/8
Precipitación - Rec. ITU-R P.530-8

Fig. 1.17 "Cálculo de Ingeniería Final Generada por el Programa Pathloss"

El primer campo son los datos geográficos de las estaciones. En esta sección tenemos primero la elevación sobre el nivel del mar a la que se encuentran las estaciones. Lo siguiente son las coordenadas donde se encuentran ubicados los terminales, el azimut al cual se encuentra la estación remota y finalmente el ángulo de elevación. Estos dos últimos valores son importantes el momento de la alineación del enlace. Para mayores detalles observar la fig. 1.18.

	SEÑOR PUNGO	PATOCOCHA
Elevación (m)	3069.90	3439.17
Latitud	02 48 05.99 S	03 00 20.10 S
Longitud	078 49 15.59 W	078 39 37.16 W
Azimuth Verdadero (°)	141.62	321.61
Ángulo Vertical (°)	0.64	-0.83

Fig.1.18 "Datos de las Estaciones"

En el segundo campo se encuentran los datos y características de las antenas a utilizar. Cada fabricante tiene sus archivos de acuerdo a las características de sus antenas. En nuestra red utilizaremos antenas FAINI. En esta sección existen tres parámetros, la primera es el modelo de la antena. El segundo dato es la altura sobre el piso a la que se pondrá la antena. Finalmente se observa la ganancia de la misma. En la fig. 1.19 se ve el ejemplo de lo mencionado.

	SEÑOR PUNGO	PATOCOCHA
Modelo de Antena	VHLP6-7W	VHLP6-7W
Altura de Antena (m)	14.00	14.00
Ganancia de Antena (dBi)	40.80	40.80

Fig. 1.19 "Datos de las Antenas"

Continuando se tiene el tercer campo que son las pérdidas generadas por conectores, acopladores y demás elementos que permiten la conexión entre las ODU y la IDU. En este caso las únicas pérdidas son las generadas por el híbrido o acoplador. En la siguiente sección, la número cuatro, se encuentran datos importantes del enlace.

En primer lugar la frecuencia fundamental de operación del enlace, después tenemos la polarización a la cual se encuentra instalado y aprobado por parte del organismo regulador. Continuando tenemos la longitud que existe entre las dos estaciones o la distancia que tendrá que propagarse la onda electromagnética. Luego tenemos las pérdidas que se generan, siendo estas las de espacio libre, las pérdidas atmosféricas y las pérdidas netas. En la fig. 1.20 se observan como se presentan estos valores de la sección 3 y sección 4.

	SEÑOR PUNGO	PATOCOCHA
Pérdidas Misceláneas (dB)	1.70	1.70
Frecuencia (MHz)	8157.00	
Polarización	Horizontal	
Longitud de la Trayectoria (km)	28.77	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	139.88	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.31	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	61.99	61.99

Fig. 1.20 "Perdidas y Características del Enlace"

En la sección 5 tenemos los detalles del radio. Estos datos son propios de cada fabricante. Entre los principales parámetros se tiene el modelo del equipo, su potencia de transmisión tanto en vatios como en dbm. El PIRE "Potencia Isotrópica Radiada Equivalente". Ancho de banda que ocupará el enlace, su frecuencia en TX "Transmisión". El criterio de umbral y el nivel de umbral que presentará el equipo.

En la parte de TX Channels se encuentra la frecuencia de transmisión que se configurará en el enlace, se muestra la polaridad con V para vertical y H para horizontal y el número de canal de acuerdo a la recomendación y si la frecuencia es la alta o la baja. Ver los detalles en la fig. 1.21.

	SEÑOR PUNGO	PATOCOCHA
Modelo de Radio	AL8-ALPlus 53E1 32QAM	AL8-ALPlus 53E1 32QAM
Potencia de Transmisión (w)	0.10	0.10
Potencia de Transmisión (dBm)	20.00	20.00
PIRE (dBm)	59.10	59.10
Designador de Emisor	28M00D7WET	28M00D7WET
TX Channels	4h 8276.0000V	4I 8010.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-74.00	-74.00

Fig. 1.21 "Detalles de las Características del Equipo"

En la parte sexta del documento se presenta la señal recibida en dbm y el margen de desvanecimiento que se espera tener el momento de instalar el enlace. Los detalles se muestran en la fig. 1.22

	SEÑOR PUNGO	PATOCOCHA
Señal Recibida (dBm)	-41.99	-41.99
Margen de Desv. - Térmico (dB)	32.01	32.01

Fig. 1.22 "Detalles de Recepción y Margen"

En la sección siete se encuentran las características del clima en el cual se encuentra ubicado el enlace. En la parte ocho tenemos los datos de disponibilidad debido a problemas de multi-trayectos. Finalmente en la parte nueve se encuentran las características de lluvia y la disponibilidad del enlace durante el año. El valor de intensidad de lluvia es un valor anual de la cantidad de lluvia que caerá en el enlace que se está calculando. Los detalles de cada una de estas secciones mencionadas se encuentran en la fig. 1.23.

	SEÑOR PUNGO	PATOCOCHA
Factor Geoclimático	3.55E-06	
Inclinación del Trayecto (mr)	12.84	
Fade occurrence factor (Po)	1.04E-03	
Temperatura Anual Promedio (°C)	28.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	0.00008	0.00008
(sec)	2.14	2.14
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	0.00003	0.00003
(sec)	9.62	9.62
(% - sec)	0.00006 - 19.24	
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	32.01	
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	1188.08	
Atenuación por Lluvia (dB)	32.01	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	0.00000 - 0.00	
Total Anual (%-seg)	0.00006 - 19.24	

Fig. 1.23 "Detalles de Disponibilidad y Características Geográficas y Climáticas del Sector"

Una vez terminando el análisis, lectura e interpretación de cada uno de los campos generados en la ingeniería de cálculo, ahora realizaremos el análisis individual de los parámetros y valores principales de cada uno de los enlaces. El primer enlace es Cuenca – Señor Pungo, su ingeniería de cálculo se encuentra en la fig. 1.24, al observar la ingeniería se puede ver que tenemos dos antenas por estación, separadas una distancia entre ellas para obtener una configuración de diversidad de espacio.

Entre los valores más importantes tenemos que está operando en la banda de 7 GHz, con antenas de 1.8m, su señal de recepción es de -33.27 dBm en la antena principal y en la de diversidad, con un umbral de recepción de -67.5 dBm. Un margen de desvanecimiento de 34.23 dB. El valor de mejoramiento de diversidad es un valor que genera automáticamente el Pathloss para calcular el mejoramiento de la calidad en el enlace. Este enlace se lo ha instalado con Diversidad de espacio por solicitud del cliente, de haber sido instalado sin esta medida de protección el enlace no tendría problemas en la operación. Finalmente los valores de calidad y disponibilidad son muy buenos y cumplen con lo solicitado.

	CUENCA	SEÑOR PUNGO
Elevación (m)	2470.30	3134.13
Latitud	02 54 05.13 S	02 48 20.50 S
Longitud	078 58 53.22 W	078 49 19.80 W
Azimuth Verdadero (°)	59.14	239.13
Ángulo Vertical (°)	1.78	-1.92
Modelo de Antena	VHLP6-7W	VHLP6-7W
Altura de Antena (m)	19.00	20.00
Ganancia de Antena (dBi)	40.80	40.80
Pérdidas Misceláneas (dB)	1.70	1.70
Modelo de Antena	VHLP6-7W	VHLP6-7W
Altura de Antena (m)	13.00	14.00
Ganancia de Antena (dBi)	40.80	40.80
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	1.70	1.70
Frecuencia (MHz)	7500.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	20.63	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	136.26	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.21	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	58.27	58.27
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	58.27	58.27
Modelo de Radio	AS7-ALSACAP-ACAP 2xSTM1	AS7-ALSACAP-ACAP 2xSTM1
Potencia de Transmisión (w)	0.32	0.32
Potencia de Transmisión (dBm)	25.00	25.00
PIRE (dBm)	64.10	64.10
Designador de Emisor	56M00D7WET	56M00D7WET
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-67.50	-67.50
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-33.27	-33.27
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-33.27	-33.27
Margen de Desv. - Térmico (dB)	34.23	34.23
Factor Geoclimático	2.00E-06	
Inclinación del Trayecto (mr)	32.21	
Fade occurrence factor (Po)	4.81E-05	
Temperatura Anual Promedio (°C)	28.00	
Mejoramiento por Diversidad SD	942.41	942.41
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	0.00000	0.00000
(sec)	1.11e-04	1.11e-04
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	0.00000	0.00000
(sec)	5.00e-04	5.00e-04
(% - sec)	0.00000 - 0.00	
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	34.23	
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	2515.00	
Atenuación por Lluvia (dB)	34.23	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	0.00000 - 0.00	
Total Anual (%-seg)	0.00000 - 0.00	

lun, oct 01 2012
 CENTROSUR-SEÑOR PUNGO.pl4
 Reliability Method - Rec. ITU-R P.530-7/8
 Space Diversity Method Rec. ITU-R P.530-12 Baseband Switching
 Precipitación - Rec. ITU-R P.530-8

Fig.1.24 "Ingeniería de Cálculo Enlace Cuenca – Señor Pungo"

En la fig. 1.25 se encuentra el enlace Señor Pungo – Patococha. De la ingeniería, como valores importantes, podemos observar que es un enlace hot standby, con antenas de 1.8m que opera en la banda de 8GHz. El nivel de umbral se encuentra en -74 dBm, su señal de recepción es de -41.95 dBm con un margen de desvanecimiento de 32.05 dB. El enlace cumple con los parámetros solicitados de calidad y disponibilidad.

En la fig. 27 observamos la ingeniería de cálculo para el enlace Patococha – Cerro Bosco, este enlace está operando en la banda de 8 GHz, y tiene protección hot standby. Posee antenas de 1.8m, su nivel de umbral se encuentra en -74 dBm, con una recepción de 37.29 dBm y un margen de desvanecimiento de 36.71 dB. Su indisponibilidad y fuera de servicio por calidad sería menor que 1s al año, cumpliendo con los requerimientos y objetivos solicitados.

La ingeniería de cálculo del enlace Cerro Bosco – Cutucu se encuentra en la fig. 28, es un enlace con diversidad de espacio, con antenas de 1.8m y operando en la banda de 8 GHz. la configuración en diversidad de espacio ha sido una solicitud también por parte del cliente, del cálculo realizado sin la protección de diversidad de espacio, el enlace no requiere de esta configuración. El umbral se encuentra en -74 dBm y existe un nivel de recepción en la antena principal de -44.22 dBm y en la de diversidad de -42.52 dBm. Como margen de desvanecimiento tenemos un valor de 31.48 dB. El enlace cumple con el requerimiento de disponibilidad de 99.995%.

En el enlace Cutucu – San Luis de Upano, observamos que está configurado con diversidad de espacio y se verifica en la fig. 1.28. Sus antenas son de 1.8m, con un umbral de -74 dBm. Los niveles de recepción se encuentran en -42.25 dBm para el canal principal y de -40.55 dBm para el canal de diversidad. El margen de desvanecimiento está en 36.45 dB. No presenta problemas de calidad ni disponibilidad y la diversidad instalada también es por solicitud del cliente, el enlace no requiere de esta protección.

La última ingeniería de cálculo la observamos en la fig. 1.29, que corresponde al enlace San Luis de Upano – Kilamo, que está en configuración 1+1 hot standby con antenas de 1.8m. Su umbral de recepción se encuentra en -74 dBm, la señal recibida corresponde a -35.85 dBm y presenta un margen de 41.15 dB. Tenemos una indisponibilidad menor que 1s. En este caso como en todos los casos tenemos dos valores por intensidad de lluvia, el primero que es un valor típico de la ITU de acuerdo a las regiones y es en una probabilidad del 0.01% y un segundo valor que es el total anual calculado para el enlace. Este enlace se encuentra operando en 8 GHz.

En todos los enlaces se asegura una calidad y una disponibilidad superior al 99.995% anual. Esto de acuerdo a requerimiento del cliente para asegurar que los datos transmitidos a través de la red de microonda no tengan problemas. Todo el dimensionamiento de capacidad y diámetro de antenas se ha realizado para cumplir con la disponibilidad de 99.995% como mínimo. Adicional en tres enlaces el cliente por seguridad nos ha solicitado una protección adicional con la implementación de enlaces con diversidad de espacio. Esto debido a que su antigua red tenía problemas de propagación.

	SEÑOR PUNGO	PATOCOCHA
Elevación (m)	3134.13	3556.63
Latitud	02 48 20.50 S	03 00 32.20 S
Longitud	078 49 19.80 W	078 39 44.50 W
Azimuth Verdadero (°)	141.68	321.67
Ángulo Vertical (°)	0.75	-0.94
Modelo de Antena	VHLP6-7W	VHLP6-7W
Altura de Antena (m)	14.00	14.00
Ganancia de Antena (dBi)	40.80	40.80
Pérdidas Misceláneas (dB)	1.70	1.70
Frecuencia (MHz)	8157.00	
Polarización	Horizontal	
Longitud de la Trayectoria (km)	28.65	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	139.84	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.31	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	61.95	61.95
Modelo de Radio	AL8-ALPlus 53E1 32QAM	AL8-ALPlus 53E1 32QAM
Potencia de Transmisión (w)	0.10	0.10
Potencia de Transmisión (dBm)	20.00	20.00
PIRE (dBm)	59.10	59.10
Designador de Emisor	28M00D7WET	28M00D7WET
TX Channels	4h 8276.0000V	4i 8010.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-74.00	-74.00
Señal Recibida (dBm)	-41.95	-41.95
Margen de Desv. - Térmico (dB)	32.05	32.05
Factor Geoclimático	3.55E-06	
Inclinación del Trayecto (mr)	14.75	
Fade occurrence factor (Po)	8.54E-04	
Temperatura Anual Promedio (°C)	28.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	0.00007	0.00007
(sec)	1.76	1.76
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	0.00003	0.00003
(sec)	7.92	7.92
(% - sec)	0.00005 - 15.83	
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	32.05	
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	1192.72	
Atenuación por Lluvia (dB)	32.05	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	0.00000 - 0.00	
Total Anual (%-seg)	0.00005 - 15.83	

lun, oct 01 2012
 SEÑOR PUNGO-PATOCOCHA.pl4
 Reliability Method - Rec. ITU-R P.530-7/8
 Precipitación - Rec. ITU-R P.530-8

Fig. 1.25 "Ingeniería de Cálculo Enlace Señor Pungo – Patocochoa"

	PATOCOCHA	CERRO BOSCO
Elevación (m)	3556.63	2364.60
Latitud	03 00 32.20 S	03 00 01.50 S
Longitud	078 39 44.50 W	078 30 34.90 W
Azimuth Verdadero (°)	86.82	266.82
Ángulo Vertical (°)	-4.05	3.93
Modelo de Antena	VHLP6-7W	VHLP6-7W
Altura de Antena (m)	14.00	20.00
Ganancia de Antena (dBi)	40.80	40.80
Pérdidas Misceláneas (dB)	1.70	1.70
Frecuencia (MHz)	8157.00	
Polarización	Horizontal	
Longitud de la Trayectoria (km)	17.00	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	135.31	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.18	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	57.29	57.29
Modelo de Radio	AL8-ALPlus 53E1 32QAM	AL8-ALPlus 53E1 32QAM
Potencia de Transmisión (w)	0.10	0.10
Potencia de Transmisión (dBm)	20.00	20.00
PIRE (dBm)	59.10	59.10
Designador de Emisor	28M00D7WET	28M00D7WET
TX Channels	11 7926.0000V	1h 8192.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-74.00	-74.00
Señal Recibida (dBm)	-37.29	-37.29
Margen de Desv. - Térmico (dB)	36.71	36.71
Factor Geoclimático	3.55E-06	
Inclinación del Trayecto (mr)	69.66	
Fade occurrence factor (Po)	1.59E-05	
Temperatura Anual Promedio (°C)	28.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	0.00000	0.00000
(sec)	0.01	0.01
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	0.00000	0.00000
(sec)	0.06	0.06
(% - sec)	0.00000 - 0.12	
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	36.71	
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	1860.97	
Atenuación por Lluvia (dB)	36.71	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-seg)	0.00000 - 0.00	
Total Anual (%-seg)	0.00000 - 0.12	

lun, oct 01 2012
 PATOCOCHA-CERRO BOSCO.pl4
 Reliability Method - Rec. ITU-R P.530-7/8
 Precipitación - Rec. ITU-R P.530-8

Fig. 1.26 "Ingeniería de Cálculo Enlace Patococha – Cerro Bosco"

	CERRO BOSCO	CUTUCU
Elevación (m)	2364.60	849.38
Latitud	03 00 01.50 S	02 47 06.20 S
Longitud	078 30 34.90 W	078 15 25.30 W
Azimuth Verdadero (°)	49.72	229.70
Ángulo Vertical (°)	-2.46	2.21
Modelo de Antena	VHLP6-7W	VHLP6-7W
Altura de Antena (m)	20.00	35.00
Ganancia de Antena (dBi)	40.80	40.80
Pérdidas Misceláneas (dB)	1.70	1.70
Modelo de Antena	VHLP6-7W	VHLP6-7W
Altura de Antena (m)	11.00	25.00
Ganancia de Antena (dBi)	40.80	40.80
Frecuencia (MHz)	8157.00	
Polarización	Horizontal	
Longitud de la Trayectoria (km)	36.83	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	142.02	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.40	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	64.22	64.22
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	62.52	62.52
Modelo de Radio	AL8-ALPlus 53E1 32QAM	AL8-ALPlus 53E1 32QAM
Potencia de Transmisión (w)	0.10	0.10
Potencia de Transmisión (dBm)	20.00	20.00
PIRE (dBm)	59.10	59.10
Designador de Emisor	28M00D7WET	28M00D7WET
TX Channels	4l 8010.0000V	4h 8276.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-74.00	-74.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-44.22	-44.22
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-42.52	-42.52
Margen de Desv. - Térmico (dB)	31.48	31.48
Factor Geoclimático	3.55E-06	
Inclinación del Trayecto (mr)	40.71	
Fade occurrence factor (Po)	5.39E-04	
Temperatura Anual Promedio (°C)	28.00	
Mejoramiento por Diversidad SD	777.36	777.36
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	0.00000	0.00000
(sec)	1.93e-03	1.93e-03
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	0.00000	0.00000
(sec)	8.67e-03	8.67e-03
(% - sec)	0.00000 - 0.02	
Región de Precipitación	ITU Region P	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	145.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	31.48	
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	221.53	
Atenuación por Lluvia (dB)	31.48	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	0.00187 - 589.54	
Total Anual (%-seg)	0.00187 - 589.56	

lun, oct 01 2012
 CERRO BOSCO-CUTUCU.pl4
 Reliability Method - Rec. ITU-R P.530-7/8
 Space Diversity Method Rec. ITU-R P.530-12 Baseband Switching
 Precipitación - Rec. ITU-R P.530-8

Fig. 1.27 "Ingeniería de Cálculo Enlace Cerro Bosco - Cutucu"

	CUTUCU	SAN LUIS DE UPANO
Elevación (m)	849.38	884.21
Latitud	02 47 06.20 S	02 28 01.30 S
Longitud	078 15 25.30 W	078 09 15.70 W
Azimuth Verdadero (°)	17.99	197.98
Ángulo Vertical (°)	-0.10	-0.15
Modelo de Antena	VHLP6-7W	VHLP6-7W
Altura de Antena (m)	37.00	19.00
Ganancia de Antena (dBi)	40.80	40.80
Pérdidas Misceláneas (dB)	1.70	1.70
Modelo de Antena	VHLP6-7W	VHLP6-7W
Altura de Antena (m)	34.00	16.00
Ganancia de Antena (dBi)	40.80	40.80
Frecuencia (MHz)	8157.00	
Polarización	Horizontal	
Longitud de la Trayectoria (km)	36.97	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	142.06	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.40	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	64.25	64.25
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	62.55	62.55
Modelo de Radio	AL8-ALPlus 32E1 16QAM	AL8-ALPlus 32E1 16QAM
Potencia de Transmisión (w)	0.16	0.16
Potencia de Transmisión (dBm)	22.00	22.00
PIRE (dBm)	61.10	61.10
Designador de Emisor	28M00D7WET	28M00D7WET
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-77.00	-77.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-42.25	-42.25
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-40.55	-40.55
Margen de Desv. - Térmico (dB)	36.45	36.45
Factor Geoclimático	3.55E-06	
Inclinación del Trayecto (mr)	0.46	
Fade occurrence factor (Po)	6.00E-02	
Temperatura Anual Promedio (°C)	28.00	
Mejoramiento por Diversidad SD	285.39	285.39
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	0.00001	0.00001
(sec)	0.17	0.17
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	0.00000	0.00000
(sec)	0.75	0.75
(% - sec)	0.00000 - 1.51	
Región de Precipitación	ITU Region P	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	145.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	36.45	
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	526.33	
Atenuación por Lluvia (dB)	36.45	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	0.00000 - 0.73	
Total Anual (%-seg)	0.00001 - 2.24	

lun, oct 01 2012
 CUTUCU-SAN LUIS DE UPANO.pl4
 Reliability Method - Rec. ITU-R P.530-7/8
 Space Diversity Method Rec. ITU-R P.530-12 Baseband Switching
 Precipitación - Rec. ITU-R P.530-8

Fig. 1.28 "Ingeniería de Cálculo Enlace Cutucu – San Luis de Upano"

	SAN LUIS DE UPANO	KILAMO
Elevación (m)	884.21	1420.84
Latitud	02 28 01.30 S	02 18 13.80 S
Longitud	078 09 15.70 W	078 08 25.20 W
Azimuth Verdadero (°)	4.94	184.94
Ángulo Vertical (°)	1.64	-1.76
Modelo de Antena	VHLP6-7W	VHLP6-7W
Altura de Antena (m)	20.00	20.00
Ganancia de Antena (dBi)	40.80	40.80
Pérdidas Misceláneas (dB)	1.70	1.70
Frecuencia (MHz)	8157.00	
Polarización	Horizontal	
Longitud de la Trayectoria (km)	18.11	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	135.86	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.19	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	57.85	57.85
Modelo de Radio	AL8-ALPlus 32E1 16QAM	AL8-ALPlus 32E1 16QAM
Potencia de Transmisión (w)	0.16	0.16
Potencia de Transmisión (dBm)	22.00	22.00
PIRE (dBm)	61.10	61.10
Designador de Emisor	28M00D7WET	28M00D7WET
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-77.00	-77.00
Señal Recibida (dBm)	-35.85	-35.85
Margen de Desv. - Térmico (dB)	41.15	41.15
Factor Geoclimático	3.55E-06	
Inclinación del Trayecto (mr)	29.62	
Fade occurrence factor (Po)	6.46E-05	
Temperatura Anual Promedio (°C)	28.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	0.00000	0.00000
(sec)	0.02	0.02
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	0.00000	0.00000
(sec)	0.11	0.11
(% - sec)	0.00000 - 0.22	
Región de Precipitación	ITU Region P	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	145.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	41.15	
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	1316.99	
Atenuación por Lluvia (dB)	41.15	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	0.00000 - 0.00	
Total Anual (%-seg)	0.00000 - 0.22	

lun, oct 01 2012
 SAN LUIS DE UPANO-KILAMO.pl4
 Reliability Method - Rec. ITU-R P.530-7/8
 Precipitación - Rec. ITU-R P.530-8

Fig. 1.29 "Ingeniería de Cálculo Enlace San Luis de Upano - Kilamo"

1.3.EJECUCIÓN DE VISITAS E INFORMES DE TSS “*TECHNICAL SITE SURVEY*” (INSPECCIÓN TÉCNICA EN SITIO) Y LOS “*LINE OF SIGHT*” (LÍNEA DE VISTA).

1.3.1. DEFINICIONES.

1.3.1.1. "Línea de Vista (LOS)"

Consiste en la verificación en campo de la Línea de Vista entre 2 estaciones existentes o por desarrollarse, la misma se la puede realizar visualmente con binoculares si la distancia es corta o con equipos más sofisticados si la distancia es media/larga. Luego del mencionado estudio se realizará un informe que será suministrado al cliente en este caso a la empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. para su evaluación. El informe deberá incluir el perfil topográfico entre las dos estaciones, fotos en los azimut de las líneas de vista, detalles de obstrucciones, alturas mínimas ubicación de antenas de acuerdo a la infraestructura civil. Este servicio puede incluir la definición de repetidores en cartas topográficas y validación de líneas de vista en campo.

1.3.1.2. “Site survey (TSS)” .

Visita a los sitios A y B para verificar disponibilidad de:

- Espacio físico para instalación de equipos (al menos 2 opciones), paso de cables, pasa muros y escalerillas interiores/exteriores para tendido de cable de IF.
- Lectura del voltaje AC/DC y corriente de carga AC/DC de rectificadores existen, incluir información técnica de estos sistemas (p.e modelo de rectificador, cantidad de rectificadores, tipo de tableros DC, tipo de breaker, etc.) de cada estación. Determinación de puntos de conexión de 48 V DC, puntos de tierra.
- Disponibilidad en torre en el azimut del enlace (espacio y altura) para la instalación del nuevo sistema radiante.

- Determinación de especificaciones técnicas para fabricación del soporte, información de los perfiles que permitan fabricación de soporte de antena, para el caso de terrazas, diámetro de soporte.
- Registro de fotografías y preparación de informes que incluyen: datos del sitio, coordenadas WGS 84 y mapa de acceso.

1.3.2. PROCEDIMIENTO Y EJECUCIÓN DE LOS Y TSS.

1.3.2.1. Línea de Vista (LOS).

Las personas responsables de ejecutar estas visitas deben poseer y contar obligatoriamente con las siguientes herramientas:

- Brújula.
- Binoculares
- Mapas Topográficos.
- Software para cálculo de radio enlaces.
- Cámara fotográfica.
- GPS
- Altímetro
- Equipos de seguridad para trabajo en alturas (donde aplique)
- Celulares de dos operadores.

Todos los equipos de medición deben encontrarse correctamente calibrados y en buen estado para evitar errores en las mediciones. A continuación se describirá paso a paso todas las actividades que se tiene que efectuar el momento de realizar una visita e informe de Línea de Vista. Este informe es fundamental para el correcto funcionamiento del enlace y evitar obstáculos que puedan causar pérdidas en los niveles de recepción. En esta visita se analizará la factibilidad de instalar o no un radio enlace de microondas.

Los datos generales que se tienen que tomar en cualquier visita de Línea de Vista son los siguientes:

- Dirección.
- Persona de contacto
- Nombre del sitio
- Teléfono del contacto
- Verificar la existencia y el tipo de infraestructura en el sitio

Para proceder con el informe en campo se tiene que cumplir los siguientes pasos:

1. Determinar la ubicación geográfica del sitio.-

- Altura sobre el nivel del mar.
- Latitud (WGS 84)
- Longitud (WGS 84)
- Altura en la torre (si existiera)
- Condiciones climáticas predominantes en la zona

2. Verificación de los tres sitios remotos (colaterales).-

- Ubicación en el campo o con ayuda de mapas
- Nombre del remoto
- Azimut

3. Validación de los posibles sitios remotos (respondiendo las siguientes interrogantes).-

- ¿Se observa al remoto a simple vista?
- ¿Se observa al remoto con ayuda de binoculares?
- ¿Se valida línea de vista?

4. Determinar la altura (m) mínima de la antena para LOS.-

5. Diámetro (m) de la antena mínima sugerida.
6. En caso de co-ubicación indicar la altura de la torre y tomar datos del perfil.
7. En caso de azotea indicar la ubicación del mástil, en fotos, y especificar alguna referencia de su ubicación
8. Ubicados en el sitio seleccionado determinar la existencia de obstáculos con un arco de 360 grados con pasos de 15°, recolectando la siguiente información:
 - Tipo de obstáculo (edificios, árboles, torres eléctricas, aeropuertos, etc)
 - Altura aproximada (m) del obstáculo
 - Distancia aproxima (m) al obstáculo
9. Tomar fotografías del sitio de instalación del mástil, torre, antena, del azimut hacia el colateral y fotos panorámicas cada 30 grados.
10. Realizar la validación de la línea de vista del sitio seleccionado con sus colaterales mediante el uso de software para cálculo de radio enlaces.(pathloss, SIAE link budget SW calculador).
 - El software generará los perfiles que incluirán por lo menos gráficos con dos valores del índice de radio equivalente de la tierra K (2/3 y 4/3) y los siguientes datos mínimos:
 - Longitud de la trayectoria
 - Coordenadas de las estaciones
 - Azimut

- Altura sobre el nivel del mar
 - Altura de las antenas
 - Índice K
-
- En los perfiles presentados se verificará el despeje total de la primera zona de Fresnel.

11. Acorde con los estudios se podrán proponer Estaciones Colaterales.

Este es el procedimiento general, en nuestro caso no se requirió buscar colaterales ya que eran enlaces existentes que se querían remplazar por enlaces nuevos de nueva tecnología y mayor capacidad. Lo que se aseguró en esta visita es la altura mínima para asegurar la línea de vista en los enlaces, dado que se tenía que montar en paralelo a los enlaces existentes.

1.3.2.2. TSS (Technical Site Survey)

Es necesaria realizar una visita a los sitios a instalar para poder determinar las condiciones de ubicación, la disponibilidad de energía, los datos para fabricar el soporte y sobre todo si es necesario o no alguna modificación o mejora en las instalaciones. Para ello el personal que va a realizar los trabajos tiene que poseer obligatoriamente las siguientes herramientas:

- Casco.
- Botas.
- Arnés.
- Binoculares.
- Brújula.
- Altimetro
- GPS.

- Mapas Topográficos.(Digitales o Impresos)
- Cámara Fotográfica.
- Pinza Amperimétrica.
- Fluxómetro.
- Laptop.
- Documentación de los estudios de LOS.

Todos los equipos de medición deben encontrarse correctamente calibrados y en buen estado para evitar errores en las mediciones. Enseguida se realizará la descripción de las actividades y la información que se requiere tomar el momento de realizar una visita de Site Survey.

1. Recolectar los datos generales del sitio remoto seleccionado.

- Dirección
- Persona de contacto
- Teléfono el contacto
- Provincia
- Ciudad
- Nombre del sitio
- Relación de facilidades de transporte para el traslado de equipos y personal hasta cada estación.
- Ruta de acceso al sitio y condición.

2. Determinar las características principales del colateral seleccionado.

- Altura sobre el nivel del mar.
- Latitud (WGS 84)
- Longitud (WGS 84)
- Altura(m) en la torre

- Ubicación de mástil nuevo o existente
- Condiciones climáticas predominantes en la zona

3. Detallar el enlace a ser instalado.

- Nombre del sitio remoto.
- Equipo a utilizarse.
- Configuración (1+1, 1+0, etc).
- Longitud del enlace (Km).
- Diámetro de la antena (cm).
- Altura sobre el nivel del piso de la antena (m).
- Azimut.
- Consumo del equipo (W).
- Cantidad de fuentes que se necesitarán.
- Tipo de cuarto de equipos (Shelter, Mampostería, BTS outdoor, BTS E- Micro).

4. Determinar y validar los recursos existentes para la instalación de las IDUs.

- Existencia de Racks y ubicación de los mismos. De preferencia identificar dos opciones.
- Número de conexiones coaxiales IDU/ODU que se necesitarán realizar.
- Longitud del trayecto del cable (IDU/ODU).
- Existencia de escalerillas para el paso de cables en cuarto de equipos.

5. Recolectar datos de la fuente de poder.

- Existencia de tablero de distribución Principal AC
- Medición de voltajes (V)

- F1-N
 - F2-N
 - F3-N
 - F1-F2
 - F2-F3
 - N-G.
-
- Medición de Amperajes (A)
 - F1
 - F2
 - F3
 - N

6. Comprobar la existencia de rectificadores, breakers, baterías y determinar sus características.

- Marca.
- Ubicación.
- Capacidad (A).
- Capacidad (W).
- Consumo actual (A).
- Breakers instalados.
- Posiciones de breakers disponibles.
- Posiciones físicas disponibles.
- Número de bancos de baterías.
- Numero de baterías.
- Voltaje de baterías (V).
- Rendimiento de baterías (A/h).

7. Existencia y ubicación dentro de la sala de equipos de tablero de distribución DC, recolectando datos principales.

- Rectificador asociado.
- Nombre del tablero.
- On/Off.

8. Determinar dos opciones de energización de acuerdo al distribuidor DC y el rectificador para los enlaces y reunir datos :

- Modelo, tipo.
- Breaker(A).
- Posición.
- Distancia cable ubicación IDU.
- Consumo actual (A).
- Consumo final (A).

9. Validar la existencia de un generador.

10. Analizar los posibles puntos de conexión a tierra.

- Posibilidad de aterrizar la IDU al punto de tierra del rack
- Número de Puntos de conexión en la barra de tierra indoor.
- Número de Puntos de conexión en la barra de tierra outdoor pasamuro.
- Número de Puntos de conexión en la barra de tierra outdoor torre.
- Distancia entre la ubicación de las ODU y la barra de tierra inferior más cercana.

11. Determinar las características principales de la estructura outdoor.

- Tipo de estructura (Monopolo, torre, mástil, etc.)
- Infraestructura adicional requerida para la instalación de equipos/antenas (Soporte de antena, escalerillas, pasa muro, perfil para soporte de antena, etc.).

12. Determinar la ubicación, altura, azimut de las antenas en la torre.

13. Recolectar los datos necesarios del perfil de la torre para la fabricación del soporte de antena

- Altura/tramo de la torre.
- Longitud de cada lado.
- Tipo de perfil.
- Perímetro.

14. Reportes fotográficos y esquemas que soportaran la información obtenida en el TSS.

- Fotografía vista frontal, lateral y posterior de la torre.
- Esquema o fotografía del cuarto de equipos con la ubicación del equipo a instalar.
- Fotografías de la torre, ubicando la posición de la torre.
- Trayecto de los cables IDU/ODU, Outdoor, Indoor.

15. Describir brevemente toda necesidad a ser ejecutada para realizar una correcta instalación.

Este procedimiento se lo tiene que ejecutar y realizar siempre para evitar cometer errores y sobre todo obtener toda la información necesaria para el momento de la instalación. En el Anexo 1 se tiene los informes de TSS realizados para poder realizar la instalación de los equipos.

1.4.ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS DE OPERACIÓN.

1.4.1. DEFINICIÓN Y ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS.

La asignación de frecuencias es un tema muy crítico y fundamental al momento de instalar un enlace de radio de microondas. Si no escogemos el par de frecuencias correctas podemos tener muchos problemas con el comportamiento del enlace, en especial problemas de interferencia. La mejor manera de seleccionar las frecuencias de operación es realizar un barrido de frecuencias. Mediante un analizador de espectros se analiza las frecuencias presentes en el nodo o estación a instalar y se busca una frecuencia libre.

Para poder analizar en un frequency survey (Inspección de Frecuencias) la frecuencia más recomendada y con menos posibilidad de presentar interferencia es necesario analizar la distancia del enlace. Si el enlace es superior a los 15 km es recomendable utilizar frecuencias entre los 6 GHz y 8 GHz. Para enlaces menores a los 15 km es recomendable utilizar frecuencias altas entre los 13 GHz y 23 GHz.

Cuando se trata de redes en cascada es importante realizar un plan de frecuencias. Al realizar el plan de frecuencias hay que tener una buena separación en frecuencias en los enlaces que salen desde una misma estación. Es necesario ir alternando las polaridades y lo más importante no violar la transmisión de altos y bajos.

Esto quiere decir que si en una estación la frecuencia de transmisión es en alta todos los enlaces de este sitio tienen que tener transmisión en alta, para así evitar la auto interferencia entre los enlaces de la misma estación.

En nuestro caso la asignación de frecuencias y aprobación ante la SENATEL estuvo a cargo del cliente. En la Tabla No. 1.3 se observa una tabla con las frecuencias de transmisión de cada uno de los enlaces. Lo que se le sugirió fue el cambio de polaridades y la ubicación de altas y bajas ya que existía violación y les podría causar problemas. En el Anexo 2 se observan las frecuencias de cada uno de los enlaces.

Nombre de la Celda A	Nombre de la Celda B	Frec Tx (MHz)	Frec Rx (MHz)	Separación
CENTRO SUR	SEÑOR PUNGO	7638	7883	245
SEÑOR PUNGO	PATOCOCHA	8276	8010	266
PATOCOCHA	CERRO BOSCO	7926	8192	266
CERRO BOSCO	CERRO CUTUCU	8010	8276	266
CERRO CUTUCU	CERRO SAN LUIS DE UPANO	8038	8304	266
CERRO SAN LUIS DE UPANO	CERRO KILAMO	8276	8010	266

Tabla No 1.3 "Frecuencias de Operación"

CAPÍTULO II

2. INSTALACIÓN DE EQUIPOS.

En este capítulo se describirá el procedimiento para instalar un radio enlace de microonda digital. Los equipos a instalar son de tipo Split, lo cual quiere decir que están compuestos por una IDU y por una ODU. La instalación del enlace se dividirá en la instalación de los equipos outdoor y la instalación de los equipos indoor. Una vez instalado el enlace se procederá a transmitir y habilitar los puertos Ethernet y E1s para que se proceda con la transmisión de datos e información.

Se analizará el diseño y puesta en gestión de los equipos con el objetivo de monitorear los enlaces remotamente desde un centro de monitoreo y mantenimiento. Para esto es necesario activar los puertos de gestión, instalar el software y realizar los cableados. Una vez habilitado, programado, configurado y cableado todo en el enlace se procederá a realizar las pruebas de funcionamiento y entrega.

2.1.INSTALACIÓN DEL ENLACE DE MICROONDAS.

Como se mencionó al inicio del capítulo los equipos son de tipo Split, por lo cual la instalación del enlace se dividirá en instalación indoor, en este caso de la IDU y todos sus componentes. La otra parte será la explicación y procedimiento para instalar los equipos outdoor en este caso las ODUs. Finalmente se pondrá en conocimiento como subir al enlace y el proceso de alineación.

2.1.1. INSTALACIÓN DE EQUIPOS INDOOR O EN EL INTERIOR.

La instalación de los equipos indoor comienza con la ubicación de la IDU en el rack. El rack tiene que ser anclado al piso mediante pernos y tornillos. Después se tiene que aterrizar el rack a un punto de tierra para proteger a los equipos que aquí se instalen de cualquier descarga eléctrica. Una vez listo el rack se procede a ubicar la IDU en un espacio libre y asegurarla con tornillos y pernos. Los equipos y los racks instalados son de 19 pulgadas. Las IDU se tienen que aterrizar conectando un cable de tierra entre la IDU y el rack.

Bajo la IDU se debe ubicar el panel de distribución de E1s donde se conectarán los cableados hacia los equipos que generarán y recibirán la información. En seguida se tiene que instalar los conectores de energía para la alimentación eléctrica de los equipos. Hay que tomar en cuenta que la alimentación es de -48V de corriente continua, por lo cual se requiere un conversor de AC a DC. Los equipos deben que estar conectados a un breaker de 4A, para proteger los equipos de una sobrecorriente. En muchos casos existe un panel de distribución que contiene breakers de donde se tendrá que energizar cada uno de los equipos y de las fuentes de alimentación.

El siguiente paso es conectar el latiguillo, el cual conecta el conector IF “Frecuencia Intermedia” de la radio con el *lightning arrester* y este a su vez con el cable IF. El *lightning arrester* es una protección a descargas eléctricas que se puedan producir a través del cable IF, es un componente que contiene un gas interno que el momento que hay una descarga, el gas se activa provocando que el circuito se abra y evita el paso de la corriente, evitando de esta forma que la corriente llegue a los equipos de radio y produzca algún daño. En la fig. 2.1 se puede observar como es físicamente el lightning arrester.



Fig. 2.1 "Lightning Arrester".

Este elemento es necesario que se encuentre conectado a un punto de tierra o al rack. El cable IF es el que conecta y comunica la radio con las ODUs. En el cable es necesario realizar el conector IF para conectar a la ODU en la parte exterior y al *lightning arrester* en la parte interna. Los radio a instalar estarán con una configuración y protección 1+1 HSTBY "*Hot-Standby*", por lo cual vamos a tener dos tendidos de cable IF y dos conectores IF en el equipo.

Se debe tomar en cuenta que de los seis enlaces a instalar uno de ellos es un enlace SDH. Por lo cual es necesaria la instalación de un ADM "Add-Drop Multiplexer", el cual se tiene que ubicar bajo la IDU, ya que este equipo no posee panel de distribución. El ADM nos permitirá multiplexar cada VC12 "Contenedor Virtual" de la trama SDH "Jerarquía Digital Sincrónica" en un E1 de la trama PDH "Jerarquía Digital Plesiócrona", así mismo permiten el proceso contrario de E1 a VC12. El ADM también necesita ser energizado y se tiene que hacer sus respectivos conectores de energía. Con la ayuda del ADM podemos pasar la información de una jerarquía de transmisión a otra diferente sin perder la información. Al multiplexar la información vamos a cambiar la composición de la trama de transmisión agregando una cabecera. Una vez que llega a su destino se demultiplexa quitando la cabecera que se agregó anteriormente. De esta forma no se pierde la información útil donde tenemos nuestros datos que deseamos transmitir.

Existen enlaces que requieren ser configurados en diversidad de espacio. Esta configuración no tiene ningún impacto en la parte interior solo hay una pequeña modificación en la ubicación de antenas en la parte exterior. La configuración también permanece igual sin ningún cambio. Esta configuración se la analizará con mayor detalle en la parte de instalación de equipos exteriores y alineación de antenas.

2.1.2. INSTALACIÓN DE EQUIPOS *OUTDOOR* O EN EL EXTERIOR.

2.1.2.1. Enlace en Configuración 1+1 HSTBY con Antena Integrada.

La instalación comienza con la ubicación de soporte en la torre donde se ubicará la antena. Mientras tanto se tiene que armar la antena y colocar en la polarización correcta a la cual va a operar el enlace. Una vez lista la antena se la sube y coloca en el soporte con dirección a su colateral. Todas las antenas a instalar son de 1,8m con lo cual es necesario poner una bandera o brazo, el cual es un dispositivo metálico que permite mayor sujeción entre la antena y la torre, evitando un movimiento por causa de los vientos. En mucho de los casos la falta de este dispositivo ha ocasionado un desapuntamiento en las antenas por el movimiento de las mismas en zonas de fuertes vientos.

Una vez lista y montada la antena se tiene que colocar las ODU, que corresponden a las antenas integradas. Se debe colocar un herraje o híbrido entre la antena y las ODU. El híbrido se coloca directamente en la antena. Este elemento nos permite acoplar las dos ODU en configuración 1+1 HSTBY, hay que tomar en cuenta que es del tipo desbalanceado lo cual provoca una menor pérdida en el canal principal que la pérdida generada en el canal secundario. Hay que tomar en cuenta que los conectores IF de las ODU tienen que estar ubicados hacia abajo.

Antes de colocar el híbrido en la antena es necesario colocar la polarización correcta y conectar las ODUs en el herraje. Una vez realizado esto se tiene que subir los elementos y acoplar a la antena. Se procede a colocar el cable de tierra de las ODUs y conectar a la barra de tierra más cercana. En caso de no existir una barra de tierra cercana se tendrá que amordazar a la torre.

Para culminar con la instalación *exterior* es necesario conectar el cable IF desde las ODUs hasta el *lightning arrester*. Para lo cual se utiliza en los extremos un conector de tipo N. Una vez listo se tiene que sujetar el cable a la torre por medio de amarras plásticas. El cable IF tiene que estar conectado a tierra para lo cual se debe disponer de una barra de tierra en la parte superior y de otra barra de tierra en la parte inferior, de preferencia a la entrada del cuarto de equipos. En la fig. 2.2 se observa el montaje de las ODUs en la antena.



Fig2.2 "Montaje de ODUs en la Antena"

2.1.2.2. Enlace en Configuración 1+1 SD “*Space Diversity*” con Antena Integrada.

En esta configuración se tienen que instalar dos antenas separadas una cierta distancia lo cual la da la condición de diversidad de espacio. La diferencia con la anterior configuración es que no tenemos híbrido y cada antena tiene una ODU integrada. La una antena trabaja como una ODU principal y la segunda antena trabaja con la ODU de “*standby*”

Lo que tiene que ver con las conexiones a tierra y las bajadas de cable IF se tiene que proceder de la misma forma anterior. Hay que tomar en cuenta que en esta configuración al integrar directamente la ODU a la antena ya no se tiene pérdidas en el herraje. Cuando tenemos problemas de multi-trayectoria es necesaria esta configuración lo que hacemos es anular la señal que se pueda generar por la reflexión en el terreno con la ayuda de la señal *standby*.

En nuestros enlaces no hay mayor complicación de señales con multitrayectorias debido a las características del terreno, ya que en la trayectoria del enlace no existen grandes extensiones de agua principalmente. Pero si se ha implementado enlaces en esta configuración. Esto se debió a una petición directa del cliente ya que los anteriores enlaces les presentaban problemas y al aumentar la capacidad y modulación se volverían más sensibles.

El momento que existe un punto de reflexión que nos afecta a la señal original provocando una interferencia o disminución en el nivel de recepción. Por eso se utiliza la diversidad de espacio, la cual consiste en variar el punto de reflexión y de esta forma evitar que una segunda señal llegue e interfiere con nuestra señal principal. Al variar en altura las antenas se mueve el punto de reflexión en horizontal evitando afecte al comportamiento del enlace.

2.1.3. CONFIGURACIÓN DE LOS RADIOS Y ALINEACIÓN DE ANTENAS.

2.1.3.1. Configuración 1+1 HSTBY.

Una vez que tenemos todos los equipos instalados y listos se procede a energizar la IDU y su configuración por el software SIAE. La configuración del equipo se la tiene que hacer de acuerdo al diseño del enlace. La conexión entre la laptop y la radio se la realizará mediante el cable serial de tipo USB. El programa del equipo de marca SIAE se llama LCT “*Local Craft Terminal*”, al conectarlo por el serial se va a identificar automáticamente la IP del equipo y la conexión será automática. El usuario es SYSTEM y la contraseña o password de acceso es SIAEMICR, el software automáticamente hace una conversión de mayúsculas y minúsculas y no es necesario preocuparse de este estado en el teclado. En la fig. 2.3 se observará el interfaz gráfico del software.

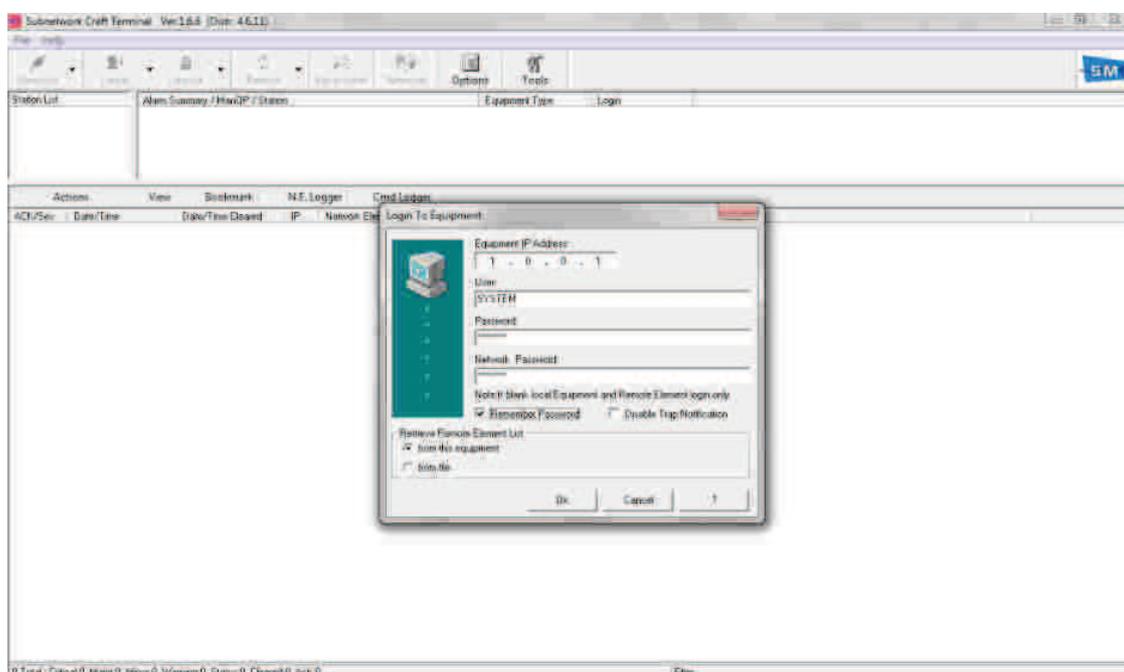


Fig. 2.3 “Pantalla Principal de Ingreso al Programa LCT”

Los equipos instalados son del tipo híbridos dual native “doble nativo”. Esta es una característica propia de los radios SIAE que permite transmitir independientemente sin sufrir modificaciones ni encapsular la información. Por lo tanto la información TDMA “Acceso Múltiple por División de Tiempo” y la información Ethernet que es un estándar de redes de área local, van por separado sin encapsular una sobre otra.

El radio contiene una capacidad total la cual va a ser utilizada por TDMA de acuerdo a cuántos tributarios se encuentren habilitados. La capacidad restante del radio se la asigna al Ethernet.

Los principales parámetros de configuración para que el enlace entre en funcionamiento es en primer lugar introducir en el equipo la potencia de transmisión de acuerdo a la que se presenta en los cálculos. Lo siguiente es configurar la modulación y capacidad del enlace y finalmente la frecuencia de operación. Antes de proceder con la alineación es necesario realizar pruebas de interferencia para no tener problemas con la frecuencia a instalar. Para esto es necesario apagar el enlace de un lado y observar el nivel de recepción, si tenemos un valor de -92dBm o menos no hay problemas de interferencia y se puede continuar con la alineación. Esta actividad se la tiene que realizar en los dos lados del enlace.

Cuando se encuentran configurados en los dos lados del enlace se procede con la alineación de antenas para obtener el nivel de recepción calculado. Las antenas tienen que estar apuntadas de acuerdo al azimuth. De ahí se procede a mover un lado hasta obtener el mayor nivel de recepción. Para comprobar los niveles las ODUs tienen un AGC “Control Automático de Ganancia” donde se puede conectar el multímetro y observar niveles de voltaje, en la fig 2.4 se puede observar la relación de las tensiones de AGC y el campo recibido.

También se puede observar en el software de configuración. Una vez que en el un lado obtiene el mayor nivel de recepción se procede a mover en el otro lado y hacer el mismo procedimiento. Al encontrar los niveles calculados o niveles mejores se ajusta las antenas y el enlace queda listo.

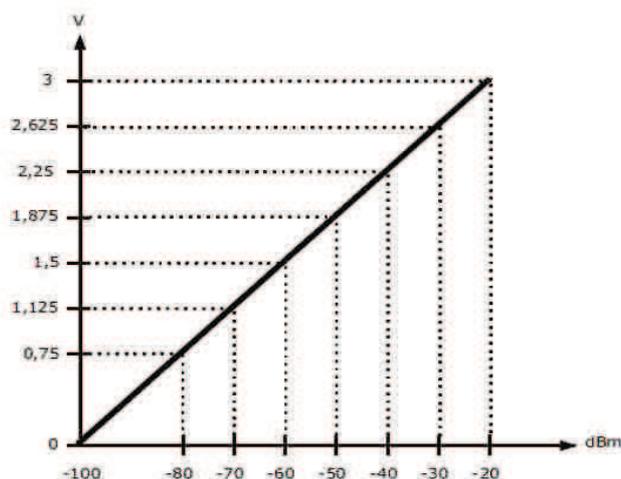


Fig. 2.4 “Relación entre Tensiones AGC y Potencia de Recepción”

2.1.3.2. Configuración 1+1 SD “Diversidad de Espacio”.

La configuración de los equipos es la misma que en un HSTBY, los parámetros de potencia, capacidad, modulación y asignación de frecuencias se lo hace de la misma forma. Lo que varía es el proceso de alineación. En este caso es necesario alinear cuatro antenas dos principales y dos secundarias.

El proceso correcto es primero alinear y levantar el enlace con las antenas principales de la misma forma que en la explicación anterior. Primero moviendo en un lado y luego en el otro hasta conseguir niveles nominales.

Una vez listas la principales se procede con las antenas secundarias, para lo cual se tiene que alinear la secundaria haciendo referencia a la principal del otro lado. En este caso solo se tiene que mover la antena secundaria hasta obtener niveles nominales de potencia.

Una vez listo el un sitio se continua en el otro lado con el mismo proceso. Finalmente se observa los niveles de recepción que se tiene en las antenas secundarias. La configuración en diversidad de espacio se utiliza cuando tenemos problemas de multitrayectoria en el enlace instalado. Esta característica se da cuando el enlace atraviesa por terrenos totalmente planos y donde la señal electromagnética se refleja y formando una señal en contrafase que anula a la señal principal.

Otro escenario donde se produce este inconveniente de tener varias señales de recepción en diversas fases, también se produce al atravesar el enlace largas extensiones de agua. El agua se comporta como un espejo reflejando la señal. En este proyecto tenemos dos enlaces en configuración de diversidad de espacio. Por las características del terreno y lo explicado anteriormente no es necesaria esta configuración.

2.2.HABILITACIÓN DE TRIBUTARIOS Y RUTA DE E1.

La habilitación de tributarios se lo tiene que hacer en cada uno de los radios. Una vez listos se tiene que proceder con el cableado entre los tributarios. El equipo nos va a dar una alarma de LOS si los cables se encontrarían mal realizados y en algún punto están rotos. Si la transmisión y la recepción se encuentran invertidos el equipo también nos da una alarma. Esto es importante para evitar tener errores en la ruta y habilitar correctamente todos los tributarios.

Este procedimiento se lo tiene que realizar con todos los tributarios que se requieren que entren en funcionamiento. La habilitación se lo hace en la parte de tributarios y simplemente hay que cerrar una especie de *switch*.

También es necesario habilitar los puertos Ethernet, los cuales pueden funcionar en modo bridge o con VLAN "*Virtual Local Area Network*" de acuerdo al requerimiento y tipo de información a transmitir.

La habilitación se la hace en LAN 1, LAN 2 o LAN 3, aquí se pone las características del canal si es *fullduplex*, *halfduplex* o simplemente *dúplex*. La velocidad de los puertos y si se requiere un cable directo o cruzado para la interconexión entre equipos. Al realizar todo esto y conectar entre puertos LAN "Red de Área Local" la ruta de transmisión se encontraría lista.

2.3.PUESTA EN GESTIÓN DE LOS ENLACES.

Para finalizar con la instalación de los equipos es necesario tener un monitoreo centralizado desde un centro de gestión. Para ello es necesario configurar en cada uno de los equipos sus características de gestión de acuerdo a un documento de planeación que se lo explicará en el siguiente punto. Se requiere una red propia de monitoreo para la DCN "*Data Communication Network*" de los equipos de microonda. El principal parámetro a configurar es la *IP Agent* que es la IP que identifica a nuestro equipo al momento de conectarnos.

Los siguientes parámetros son la IP Ethernet que es la IP asignada al puerto LAN para la gestión de los equipos. El siguiente es configurar la IP de LCT "*Local Craft Terminal*", esta tiene que ser en modo puente, con lo cual permite trabajar en una misma red y poner *IP UNNUMBERED* y finalmente se tiene que configurar de la misma forma la IP para el puerto RS232.

Hay que tomar en cuenta que con esta configuración se tiene que saltar una IP para asignar al siguiente radio. Esto debido al que el momento que nos conectamos localmente al radio por cable serial, el radio asigna automáticamente una IP más a la que tiene como IP Agent y si esta IP la utilizamos en algún otro puerto puede crear conflictos de IP.

El computador que contendrá el sistema de gestión también tiene que ser configurado, en especial su IP, la cual tiene que estar en la misma red de los equipos instalados. La dirección IP del servidor será el *Default Gateway* para todos los radios. En el servidor es necesario crear el mapa en donde se deberán ingresar todos los radios con sus respectivas IPs para de esta forma observarlos y monitorear su estatus y alarmas.

En los radios existen dos puertos LAN para la gestión de los radios. Estos puertos están interconectados y solo es necesario configurar en la radio y automáticamente los dos puertos se encuentran listos para ser utilizados. Para interconectar los radios se tiene que proceder a poner un cable UTP "Par Trenzado no Blindado" entre los puertos de Gestión. De esta manera se puede llevar la gestión a través de toda la red de transmisión. El canal de gestión solo necesita de una capacidad de 20 kbps ya que las tramas de gestión no son muy pesadas. La gestión de los equipos también se la puede llevar a través de un tributario, en este caso es necesario el uso de equipos externos como son los IPBOX, por lo general se utiliza para poner en la misma red de gestión otros equipos existente en las estaciones.

2.4.PLANIFICACIÓN DCN.

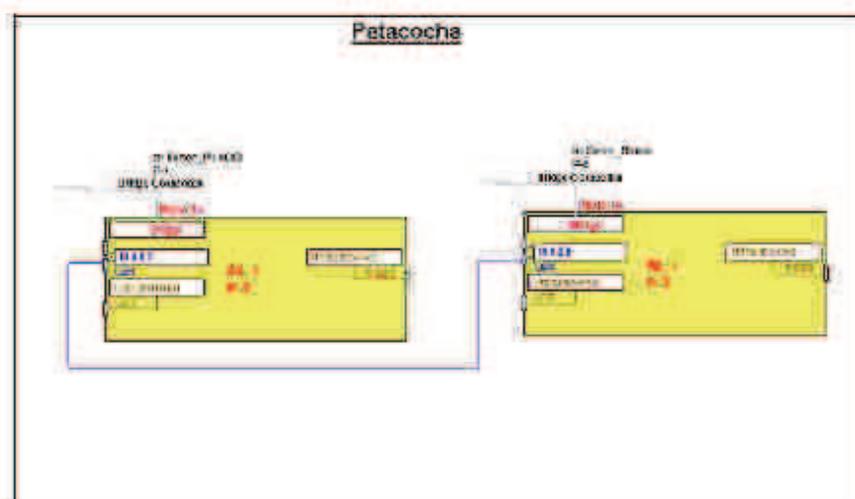
La planificación DCN consiste en realizar un documento donde se encuentre la configuración que posee cada uno de los puertos de gestión y como se llevará hasta el servidor de gestión la información del estatus de los radios para su monitoreo centralizado. Antes de proceder a asignar las IP, es necesario que el cliente nos facilite una red existente o una red nueva en la cual se pondrán los equipos de microondas para su gestión. La primera IP por lo general se asignará al servidor, en este caso nos han asignado la red 10.0.1.0 / 24 y al servidor se asignado la IP 10.0.1.1.

Una vez que tenemos la red se seguirá con la configuración de los equipos de radio. La IP del puerto LAN y el *IP Agent* que es el que identifica al radio el momento de conectarnos tienen que ser las mismas. La IP del LCT y del RS232 se tienen que conectar en *UNNUMBERED*, lo cual provoca que la radio en el momento de conectarnos a alguno de estos puertos se genere automáticamente la IP, siendo esta una más que la IP de la LAN y del *IP Agent*.

Toda la transmisión de los datos de gestión se realizará en modo puente. En algunos casos se requieren de rutas estáticas. Todas estas descripciones se tendrán en el archivo de planificación de la DCN. Como se mencionó anteriormente las IPs que se colocan en cada uno de los equipos tienen que estar saltadas una IP, para evitar conflictos al momento de conectarnos localmente. En el Anexo 3 se observará toda la red de planificación de la DCN.

En la fig. 2.5 se encuentra un ejemplo de la planeación DCN. En la primera parte se encuentra la forma de interconectar los equipos y las IPs asignadas a cada uno de los puertos de gestión. En la segunda parte del gráfico se encuentran en detalle la configuración de cada uno de los puertos de gestión, las rutas estáticas para la comunicación entre las distintas redes. Adicional a las IPs de los distintos puertos también se encuentra las asignadas para las interfaces de aire en especial las de la comunicación PPP “Protocolo Punto a Punto”.

SITE: PATACOCHA



PATACOCHA CONFIGURATION TABLES

Patacochoa ALC+ P-2			
REMOTE CONNECTIONS			
INTERFACE	REMOTE SITE	REMOTE EQUIPMENT	
Radio 1A	Senor PUVISO	ALC+ P-1	
DESCRIPTION	IP ADDRESS	SUBNET MASK	
LAN	10.0.2.7	255.255.255.0	
LCT	Unnumbered	---	
RS232	Unnumbered	---	
Radio 1A	PPP Mode: Bridge	---	
PC on LCT Port	10.0.2.8	255.255.255.0	
PC on RS232 Port	10.0.2.8	255.255.255.0	
IP Agent	10.0.2.7	---	
ROUTING TABLE			
DESTINATION	MASK	NEXT HOP	PORT
---	---	---	---
---	---	---	---
---	---	---	---
Default Gateway	---	10.0.2.3	LAN

Fig. 2.5 “Ejemplo de planeación DCN”

CAPÍTULO III

3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Una vez instalado, configurado y puesto en gestión toda la red de microondas se tiene que proceder con la verificación de configuraciones, niveles de potencia y la ejecución de protocolos de prueba. Consiste principalmente en constatar el buen funcionamiento de los enlaces, hacer pruebas con un padder, también llamado analizador de E1s, para verificar la línea de transmisión.

El protocolo de pruebas consta de varios procedimientos que se realizan al enlace para verificar su funcionamiento. Estas pruebas y las entregas se las realizó conjuntamente con un personal de la empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. En este capítulo se describirán cada una de las pruebas realizadas para verificar el correcto funcionamiento y perfecta instalación de cada uno de los elementos que comprenden la red de transmisión de microondas.

3.1.ELABORACIÓN DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS.

Los protocolos se los tiene que realizar uno por estación para cada uno de los enlaces punto a punto. El documento consta de varias partes que serán descritas a continuación en qué consiste y qué tipo de pruebas se tienen que realizar.

3.1.1. DOCUMENTACIÓN DEL SITIO.

En esta parte se tiene que introducir la descripción del sitio local, el sitio remoto y la designación que se le dará al enlace. En el siguiente recuadro se tienen que introducir las características de configuración de los equipos instalados en la estación.

Entre los principales datos se encuentran el modelo de radio instalado, su configuración ya sea este 1+1 HSTBY o 1+1 SD y la capacidad en Mbps en el interfaz de aire que posee el radio. Se tiene que introducir además la altura de la antena en la torre. El azimut hacia el colateral, la cantidad de cable IF que se ha requerido y se encuentra instalado. Las frecuencias de operación del enlace tanto para la transmisión como para la recepción.

Se tiene que introducir la polarización, la potencia de transmisión a la que operan el enlace, la potencia de recepción que tiene que estar dentro del rango nominal de los cálculos. Se tiene que indicar si el ATPC se encuentra o no habilitado.

Finalmente se tiene que introducir los parámetros de gestión. Todos estos valores son importantes para mantenimiento de los equipos. Si se produce una falla y se reemplazan equipos hay que conocer las configuraciones con el fin de asegurar que el enlace retorne a condiciones normales en el menor tiempo posible.

3.1.2. INSPECCIÓN DEL SITIO

Este es un *check list* o lista de comprobación de las condiciones de instalación de los enlaces. Se comprobará la instalación de los cables de tierra de ODU, IDU, Cable IF y rack para proteger los equipos ante una descarga eléctrica. Se verificará la instalación y correcto funcionamiento de los cables y conectores de alimentación. Que los cables se encuentren organizados y colocados con amarras plásticas.

También se tiene que verificar que todos los equipos se encuentren con sus etiquetas de acuerdo a lo instalado. En esta parte se tiene que observar la estética y correcta instalación de cada una de las partes de los equipos instalados. Se tiene que verificar la sujeción de las antenas al soporte y el soporte a la torre para evitar que la antena se mueva o se pueda caer.

3.1.3. CHECK LIST DE COMISIONAMIENTO.

En esta sección se verifica la instalación y configuración de los equipos. Primeramente se constata que la alimentación se encuentre de acuerdo a las recomendaciones del manual, esto es conectado a un rectificador de -48V DC. Lo siguiente es verificar la instalación del cable IF y que este no se encuentre generando ninguna alarma. Después se observa el ATPC, si se encuentra activado o no. En todos nuestros enlaces esta opción se encuentra desactivada y todos los enlaces tienen una potencia de transmisión fija.

Seguidamente se tiene que comprobar la comunicación entre el radio y el software de configuración. En este punto se tiene que extraer el *Fault Report* o Reporte Completo que es un documento donde se muestra las alarmas que posee el enlace y un historial de eventos que han provocado desde el momento de la instalación. En este archivo se observa también la configuración de los equipos. Otro de los archivos que se tienen que generar es el *Inventory Report* o Reporte de Inventario la información que nos provee este documento es los códigos y descripción de cada uno de los elementos instalados en los enlaces. El último documento que se tiene que descargar es el *backup* o respaldo que es un archivo de respaldo con toda la configuración actual del terminal.

La última sección es verificar los ajustes de la configuración del equipo y hacer pruebas de conmutación. En esta sección se tiene que verificar que el enlace esté cumpliendo con los niveles de error, se tiene que degradar la recepción del enlace y ver en qué valor comienza a generar errores y comprobar que este valor cumpla con el nivel de umbral. Se tiene que verificar que la conmutación esté operando automáticamente y finalmente hay que seleccionar un tiempo determinado para la habilitación del manual operation. Cuando hacemos un cambio y este es parte del manual operation, los cambios se mantendrán activos el tiempo que esté seleccionado este parámetro. Esto es muy utilizado para acciones de mantenimiento y es recomendable dejar en un tiempo de 10s. Si se encuentra un valor de 0s cualquier cambio permanecerá constante.

3.1.4. VALORES DE COMISIONAMIENTO.

En esta sección se tiene que iniciar verificando la máscara de cada uno de los tributarios. Hay que verificar que el nivel de recepción el momento de apagar la transmisión en el remoto sea menor o igual a -90dBm. Comprobar el correcto funcionamiento de cada uno de los *loop* o lazos lógicos utilizados en rutinas de operación y mantenimiento. Realizar pruebas de *switch* entre el canal principal y el secundario y constatar cuando genera errores la conmutación.

Para finalizar el análisis de esta sección se tiene que monitorear por 12 horas el canal principal y por 1h el canal secundario. Esta prueba tiene que realizarse con un *patter* o analizado de E1s externo y no pueden generar ni un solo error en todo este tiempo, de no ser así es posible que el enlace presente algún problema de operación o instalación. Es importante mencionar que el equipo posee un *patter* interno que también puede monitorear el enlace y comprobar el correcto funcionamiento del mismo.

3.1.5. REPORTE DE INTEGRACIÓN

Este es la última sección del documento. Aquí se validará los niveles de potencia tanto en recepción como en transmisión que se encuentran instalados y activados en los enlaces. En esta sección se tiene que comprobar entre lo que se encuentra instalado y la ingeniería de cálculo.

Existe un margen de +/- 3dB que es la tolerancia debido a las lecturas que se generan en el software. Si en los enlaces no se llega a niveles nominales de potencia se tiene que analizar las circunstancias que pueden generar esta diferencia.

Una vez culminadas las verificaciones y pruebas se procede a poner la fecha en la cual comienza a operar el enlace, se firma la recepción del enlace una vez que se encuentra operando en las condiciones normales, tanto por el cliente como por la persona que realiza la entrega. El protocolo también contiene un certificado final de pruebas para la garantía de los equipos.

3.2. VERIFICACIÓN DE CAPACIDADES.

Para comprobar que los enlaces se encuentren con las capacidades requeridas, se procede a ingresar a la configuración del radio y ver la capacidad seleccionada. Hay que validar cuánta capacidad se encuentra designada para el tráfico TDM y cuánta para el tráfico Ethernet. La capacidad actual de los enlaces es de 8 E1s, que equivalen a 16 Mbps.

Una vez entregados los enlaces se procede a la migración de los enlaces antiguos a los nuevos enlaces, esto consiste en mover los E1s del radio antiguo al nuevo radio SIAE. Los enlaces se encuentran con una capacidad de 106 Mbps, al habilitar y migrar la capacidad actual en tráfico TDM nos quedaría un capacidad libre y disponible de 90 Mbps los cuales son asignados para los canales Ethernet.

Actualmente la red de transmisión ya no va a crecer en capacidad TDM, por la modernización y actualización de las redes todos los equipos comienzan a migrar y transmitir datos mediante el protocolo Ethernet. Es por esta razón que se han habilitado los puertos Ethernet para transmitir la información.

Para verificar el funcionamiento de los canales Ethernet se ha procedido a realizar pruebas de *ping*. Al momento la información que se ingresa y saca por los puertos LAN pasan de manera transparente de radio en radio. Esto se debe a que los equipos están configurados en modo *bridge*. Ante esta configuración es necesario que las dos computadoras conectadas a los puertos Ethernet se encuentre en una misma red y proceder a realizar el *ping* entre las dos computadoras, confirmando que el canal se encuentra en perfectas condiciones. Los protocolos de pruebas se encuentran en el Anexo 4

3.3.PANTALLAS CAPTURADAS.

Una vez realizada todas la pruebas y entregado los enlaces se procede a sacar un respaldo de las pantallas capturadas. En las pantallas se observa el estado del enlace, encendiéndose diferentes tipos de alarmas que puede poseer en el momento el enlace. Se verificará que las configuraciones se encuentren de acuerdo a la ingeniería de cálculo.

En las pantallas se visualiza la configuración del radio enlace, su modulación y su capacidad. Las frecuencias de operación y finalmente los niveles de transmisión de potencia y de recepción de potencia. Un ejemplo se observa en la fig. 3.1 a continuación. Todas las pantallas capturadas de los distintos enlaces se encuentran en el Anexo 5.

The screenshot displays the 'LCT Sdh Ala' configuration software. At the top, a table lists radio parameters for Radio A and Radio B across four branches (Tx1A, Tx2A, Tx1B, Tx2B). Below this is a tree view on the left showing the configuration hierarchy: Equipment View, Equipment, General, Base Band, Line Side, Radio Side, and Radio. The main panel shows the 'General' configuration for 'Current Configuration', including Tributaries (2xSTM-1 Plug-in), Subracks (2RU), Xpic (Yes), and EAST/WEST (No). It also details the configuration for Radio A and Radio B, both with a Modem Capacity of 155Mb/s, Radio Configuration of 1+1 Hot Standby SD, and Modulation of 128 QAM. A 'Configuration Manager' section is visible, along with a warning message: 'Warning: this command will update the hardware equipment with the configuration stored in the new controller.' A green 'Application Alarm' bar is present at the bottom right of the warning area. The status bar at the bottom indicates 'Connected' and 'LCT Sdh Ala Ver.1.5.2'.

Critical	HandOp	Tx1A	Tx1B	Radio A	Radio B	Branch	Chan	Frequency	Power
Map	Unblock	Tx2A	Tx2B	Hot Standby SD	Hot Standby SD	Tx1A	280	7638.000 MHz	14 dBm
Minor	View Config	Rx2A	Rx2B	128 QAM	128 QAM	Tx2A	280	7638.000 MHz	Standby
Warning		Rx1A	Rx1B	155 Mb/s	155 Mb/s	Tx1B	280	7638.000 MHz	14 dBm
						Tx2B	280	7638.000 MHz	Standby

General

Current Configuration

Tributaries: 2xSTM-1 Plug-in
 Subracks: 2RU
 Xpic: Yes
 EAST/WEST: No

Radio A

Modem Capacity: 155Mb/s
 Radio Configuration: 1+1 Hot Standby SD
 Modulation: 128 QAM

Radio B

Modem Capacity: 155Mb/s
 Radio Configuration: 1+1 Hot Standby SD
 Modulation: 128 QAM

Configuration Manager

Warning: this command will update the hardware equipment with the configuration stored in the new controller.

Application Alarm

Connected LCT Sdh Ala Ver.1.5.2

Fig. 3.1 "Pantalla de Configuración Final de los Enlaces"

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE POTENCIA Y NUEVOS SERVICIOS DE LA RED INSTALADA.

En este capítulo se hará una comparación y descripción de las mejoras presentadas al cambiar la red de transmisión. De igual forma se analizarán las características fundamentales y más importantes de los radios de marca SIAE. Se observará la evolución que actualmente tienen las redes de transmisión y que es lo que se requiere a futuro.

Es importante tener claro la importancia de actualizar una red de servicio y transmisiones por la rápida evolución que presentan, en unos pocos años los equipos instalados ya no cubren las necesidades y es necesario una evolución y cambio de equipos para cubrir los requerimientos. Con nuestros equipos con un simple cambio de radios esta evolución es posible ya que tenemos total compatibilidad entre todos nuestros equipos en sus diversas evoluciones.

4.1. CARACTERÍSTICAS DEL RADIO SIAE INSTALADO.

4.1.1. RADIO SDH Y ADM.

El equipo SDH instalado es del tipo modular con redundancia de RIM “Módulo Interfaz de Radio”, circuito de XPIC “*Crosspolar Interference Canceller*” para poder transmitir en una misma portadora tanto en polarización vertical como horizontal.

Con esta configuración su capacidad máxima es de 2 STM-1 en un ancho de banda de 28 MHz con una misma portadora para la polarización vertical y horizontal. Su configuración a nivel radio es 1+1 HSTBY con protección de ODU y tarjeta RIM. Esto quiere decir que si falla la ODU principal o la tarjeta RIM principal del equipo, automáticamente existe una conmutación al canal secundario, permitiendo de esta manera conservar el enlace.

Al radio SDH viene conectado un ADM-64xE1 con puerto *fast ethernet*. El cual nos permite multiplexar tramas E1s en una trama SDH, demultiplexar los E1s de la trama SDH, multiplexar tramas Ethernet en la trama SDH y demultiplexar de la trama SDH las tramas Ethernet. Actualmente este enlace se encuentra solo transmitiendo información Ethernet, con una capacidad de 1 STM-1.

Hay que tomar en cuenta que el enlace antiguo era un enlace PDH, con capacidad de 16 Mbps y que no soportaba tráfico Ethernet. Para poder enviar tramas Ethernet era necesario un equipo externo que encapsule las tramas Ethernet en las tramas PDH, teniendo de esta forma retrasos y pérdida de Payload por la necesidad de una cabecera para desencapsular la información.

Todas las redes de transmisión tienden a convertirse en full IP, transmitiendo tan solo tramas Ethernet. Es por esta razón que nuestros radios, ante esta inminente evolución, son del tipo híbrido con dual native o doble nativo. Las tramas TDM no se mezclan con las Ethernet volviendo al sistema más eficiente. Entonces con un simple cambio de radio este enlace podría evolucionar y convertirse en un enlace full IP.

Como ya se mencionó en este momento al ADM se está ingresando tramas Ethernet para multiplexarlas y convertirlas en una trama SDH para poder transmitirla por en el enlace.

Una vez que llega la información de la trama SDH, se introduce al ADM y este multiplexa la señal para extraer la información en tramas Ethernet. En estos sistemas de comunicación la portadora o frecuencia de operación siempre es un tema crítico. Al momento el espectro se encuentra muy saturado y es necesario optimizar el ancho de banda.

En los actuales momentos encontrar canales libres con 28MHz de ancho de banda es muy complejo, es aun más difícil encontrar dos canales. Es por esta razón que el enlace existente tiene un circuito integrado llamado XPIC que nos permite hacer reuso de frecuencia en la polarización contraria. El circuito de XPIC anula la señal recibida de la polarización contraria y la realimenta a su polarización correcta. Con este circuito se tiene un rechazo a polarización cruzada de alrededor de 20dB.

Igual las antenas a utilizar tienen que ser de doble polarización y high performance para evitar que la señal de polarización cruzada que se reciba sea grande y cree una interferencia en el sistema. El valor de este tipo de antenas para rechazo a polarización cruzada es de 30dB. Con todas estas pérdidas que se generan a la señal de la polarización contraria se tienen niveles de recepción muy bajos, cercanos al piso de ruido y que son imperceptibles por los equipos, evitando de esta forma una autointerferencia.

Para que el circuito de XPIC funcione perfectamente es necesario realizar un desacoplamiento en el iluminador de la antena. Consiste en mover el iluminador de la antena hasta tener el nivel más bajo de recepción de la polarización cruzada. De esta forma encontramos el mayor rechazo a la polarización cruzada y el XPIC funcionará de mejor manera.

Otro punto positivo de los equipos instalados es que soportan niveles de modulación mucho más altos llegando hasta 128QAM y con la nueva evolución de los radios hasta 256QAM. La potencia de transmisión de los equipos es mucho más alta que los enlaces antiguos, permitiendo de esta forma la optimización y reducción en el diámetro de antenas. En muchos casos con el mismo diámetro de antenas nos permiten una mayor capacidad en los enlaces. Para tener una idea de las características de los equipos ver el Anexo 7.

4.1.2. RADIOS PDH.

Los equipos PDH instalados son de última generación con capacidades de hasta 106Mbps con una modulación de 64 QAM. Se encuentran instalados dos clases de radios, modulares y compactos. En los modulares se puede extraer sus tarjetas y remplazarlas en caso de daño. En cambio los compactos si sufren algún desperfecto se tiene que cambiar toda la IDU. La ventaja de los compactos es que presentan un mayor MTBF.

Todos los enlaces tienen redundancia de fuente y están configurados como 1+1 HSTBY. Por la alta capacidad que presentan los enlaces se requiere un ancho de banda de 28 MHz.

Todos los equipos son compatibles entre los diferentes modelos de radio y evoluciones, lo cual nos permite evolucionar y cambiar de tecnología de forma fácil y más eficiente tan solo con un cambio de IDU. Los equipos actualmente instalados son ALCPPlus, los cuales al ser remplazados por la nueva generación de radios (ALCP2) conservando las mismas características de antenas, ODUs, modulación y ancho de banda obtenemos capacidades superiores en un 35%.

El actual radio es *Dual Native*, lo que nos permite utilizar dos tecnologías en una sola. La tecnología TDM típica de los enlaces PDH, que nos permite el manejo y transporte de datos especialmente voz, de la capacidad total que tiene el radio solo los tributarios habilitados consumen dicha capacidad como información TDM.

La capacidad restante se asigna automáticamente al Ethernet, la cual es utilizada típicamente en redes IP para transportar una gran cantidad de paquetes de datos.

Los enlaces antiguamente instalados tenían una capacidad máxima de 16Mbps sin posibilidad de transportar tráfico Ethernet sobre el radio, requiriendo de un equipo externo que encapsule el tráfico Ethernet sobre el TDM.

Las redes actuales y los equipos de nueva generación tienden a transportar toda su información en tramas Ethernet, es por ello la necesidad de evolución de los enlaces de microonda para acoplarse a estas necesidades.

La red actual es utilizada para el transporte de la información generada por usuarios de Internet por lo que los equipos que se conectan a la red de microonda son de tipo IP, enviando paquetes de información. Todos los equipos se encuentran habilitados el puerto LAN para la transmisión de la información. La capacidad de los enlaces viejos ha sido migrada a la nueva red SIAE ocupando solo 16Mbps de tráfico TDM, todo lo demás se encuentra asignado a la transmisión de paquetes Ethernet. Ver Anexo 6 para las características del radio.

4.2.SERVICIOS ADICIONALES QUE OFRECE LA RED DE TRANSMISIÓN

Los equipos al poseer la capacidad de transportar paquetes de datos mediante tramas Ethernet ofrecen un sinnúmero de aplicaciones, sin necesidad de limitarse al tráfico TDM utilizado típicamente para voz. La gran capacidad que soportan los enlaces nos permite transportar información tan pequeña como la voz hasta paquetes de gran tamaño como el video en alta definición.

El equipo puede trabajar como un switch capa 2 permitiendo de esta forma enrutar la información, transportarla en modo bridge o mediante VLAN de acuerdo al tipo de tráfico y las necesidades del cliente. Todo el tráfico que actualmente se transporta por la red de microondas, se envía transparentemente por medio de los puertos LAN1, LAN2 y LAN3 de los equipos.

Al momento toda la información que se transporta es de una red backbone, esta recibe toda la información generada por los clientes de Internet. Adicionalmente se ingresa el monitoreo y la base de datos del sistema de cobros de la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR. La visión a futuro es mediante esta red transportar video de alta definición para dar servicios de televisión por cable, lo cual no presentará ningún inconveniente ya que la capacidad actual permite la transportación de este requerimiento.

Los equipos instalados no solo pueden funcionar como una red de backbone, sino también como una red de acceso directamente hacia el cliente final. Esto se debe a que el radio es un típico switch de capa 2. Con lo cual el cliente final podrá conectarse a los puertos Ethernet del radio y extraer información dedicada mediante el uso de VLANs, sin necesidad de descargar toda la información que en la red se transporta.

Finalmente al cambiar las IDUs por las de nueva generación se puede obtener una configuración nodal, que nos permitiría en los sitios de mayor demanda y congestión de la información ampliar la capacidad utilizando una cantidad menor de recursos de hardware, apilando varias IDUs en distintas direcciones, centralizando de esta manera toda la información en un solo nodo principal.

Todos los enlaces instalados se encuentran en un perfecto estado de funcionamiento sin presentar ninguna avería ni pérdidas de información. La capacidad que presenta la red está siendo utilizada en un tercio de su capacidad máxima. La red se encuentra respaldada por una garantía que permite la asistencia local o remota para solventar cualquier problema de hardware o software, durante el plazo máximo de doce meses, según se estipule en el contrato.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- El presente proyecto de titulación es un manual que nos permite tener los pasos básicos del procedimiento e instalación de una red backbone de microondas. Desde el diseño de red hasta la entrega de cada uno de los enlaces. Pasando por la instalación y configuración de los radios y equipos instalados.
- La parte crítica para la instalación de una red de microondas está en su diseño y dimensionamiento de antenas y capacidad. Es necesario conocer los conceptos de funcionamiento y propagación para tomar en cuenta cada uno de los factores que pueden afectar el desempeño y disponibilidad del enlace. Si no se hace un buen diseño, la red va a presentar muchas fallas y generará contantemente errores, generando problemas en la difusión y transmisión de información.
- Antes de instalar cualquier enlace de microondas es importante asegurar la línea de vista para que el enlace no presente pérdidas ni atenuaciones en su nivel de recepción de potencia. Es fundamental que se encuentre despejada en su totalidad la primera Zona de Fresnel caso contrario el enlace simplemente no funciona.
- La evolución de las redes de transmisión tienden a ser totalmente IP. Es por ello necesario que se renueven y actualicen los equipos en general. Ante esto los equipos de SIAE se encuentran listos y preparados y sin necesidad de cambios ni de software ni hardware se puede poseer una red de transmisión IP pura. Si se requiere mayor capacidad solo se requiere cambio de IDU y los mismo equipos pueden soportar mayor cantidad de información.

- Una parte fundamental de la red es su sistema de gestión. Para las rutinas de operación y mantenimiento es muy importante tener un acceso remoto a cada uno de los elementos de la red. Muchas veces los problemas presentes en los enlaces se los puede corregir de forma remota sin la necesidad de desplazarnos al sitio y en un menor tiempo de acción.
- Para ejecutar cualquier trabajo es indispensable y obligatorio poseer todas las herramientas necesarias para una ejecución correcta de los trabajos. De no poseer las herramientas necesarias va a existir fallas en la instalación produciendo problemas de instalación, lo cual produce que se generen errores y disminuye la calidad y disponibilidad del enlace.