

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE UN ENLACE  
DE MICROONDAS SDH STM-1 SISTEMA N+1**

**INFORME DE INGENIERIA  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO ELECTRONICO**

**PRESENTADO POR:  
ALFREDO GERMAN TELLO ORTIZ**

**PROMOCION  
1996-II**

**LIMA – PERÚ  
2009**

**IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN  
SERVICIO DE UN ENLACE DE  
MICROONDAS SDH STM-1 SISTEMA N+1**

Agradezco:

A mi familia, amigos y compañeros de trabajo, por su aliento constante y ayuda incondicional en mi desarrollo profesional.

## SUMARIO

El presente informe describe parte de mi experiencia profesional en el uso de la tecnología SDH aplicado al enlace de microondas dentro del territorio nacional. Lo cual indica que podemos extender su aplicación en diferentes lugares con diversos climas y geografías con el objetivo de transportar información.

El mundo de hoy se enfrenta a muchos cambios en cuanto a tecnología se refiere, el uso de nuevos equipos de celulares, la necesidad de tener Internet en los pueblos más alejados, el uso de la telefonía fija, cuando pagamos con tarjeta de crédito en cualquier tienda o grifo y las redes de computadoras tanto en empresas como en diferentes instituciones; obliga a que se requiera tener comunicado a todos los pueblos con las ciudades principales del país, así como también la comunicación entre ciudades. Pues nos encontramos con la necesidad de transportar información con mayor ancho de banda e intercambiar información en tiempo real. Satisfacer estas necesidades nos permite avanzar en las comunicaciones, educación, desarrollo de los pueblos y calidad de vida.

Actualmente existen muchos proveedores de tecnología SDH, los diseños y aplicaciones con SDH debe respetar las recomendaciones y requerimientos de instituciones internacionales y leyes de nuestro país. Es así que este informe está basado en las recomendaciones de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y el uso de las frecuencias dentro del territorio nacional han sido autorizados por el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones).

## INDICE

Prologo.....	1
<b>CAPITULO I</b>	
<b>MARCO TEORICO</b>	
1.1	Introducción.....3
1.2	Jerarquía Digital Síncrona SDH.....5
1.3	Recomendaciones UIT-T sobre SDH.....7
1.4	Velocidades de BIT SDH.....7
1.5	Contenedor Virtual.....8
1.6	Trayecto y Sección.....8
1.7	Estructura de Multiplexaje de SDH.....9
1.8	Función de Puntero.....11
1.9	Encabezamiento (Overhead OH).....13
<b>CAPITULO II</b>	
<b>TIPOS DE ENLACES DE MICROONDAS</b>	
2.1	Generalidades.....16
<b>CAPITULO III</b>	
<b>DESCRIPCION DEL RADIO DE MICROONDAS DMR 3000S</b>	
3.1	Descripción General.....35
3.1.1	Objetivo y uso.....35
3.1.2	Información de Seguridad.....35
3.1.3	Configuración del Sistema.....37
3.1.4	Diagrama de Bloque del Sistema.....39
3.1.5	BR CKT y Duplexor.....47
3.2	Operación Funcional.....49
3.2.1	Comportamiento y Características.....49
3.2.2	Descripción Operacional.....57
3.3	Verificación del Comportamiento.....67

3.4	Medición de BER.....	70
<b>CAPITULO IV</b>		
<b>REPLANTEO DEL ENLACE DE MICROONDAS AMPLIACIONES</b>		
4.1	Diseño básico para la instalación de la red de microondas.....	72
4.1.1	Especificación de la Calidad de Transmisión de la Red y del Equipo.....	73
4.1.2	Objetivo de Características de Error.....	73
4.1.3	Calculo de Comportamiento del Sistema.....	75
4.2	Sistema de Protección y Energía de Respaldo.....	76
4.2.1	Pararrayos.....	76
4.2.2	Energía de Respaldo.....	77
4.2.3	Aire acondicionado.....	80
4.2.4	Seguridad.....	81
4.3	Aplicación para dos terminales.....	81
<b>CAPITULO V</b>		
<b>IMPLEMENTANDO UN NUEVO ENLACE SDH - AMPLIACIÓN</b>		
5.1	Generalidades.....	89
5.2	Plan de enrutamiento.....	89
5.3	Determinación de las alturas de las antenas.....	90
5.4	Asignación de Frecuencias.....	92
5.5	Sistema de Supervisión.....	98
5.5.1	Ejemplo de Supervisión Remota.....	99
<b>CAPITULO VI</b>		
<b>PRUEBAS FINALES Y PROTOCOLOS DE ACEPTACION</b>		
6.1	Pruebas finales para el enlace implementado.....	103
6.1.1	Frecuencia del Oscilador Local de Rx.....	103
6.1.2	Frecuencia del Oscilador Local de Tx.....	104
6.1.3	Potencia de Rx, Calibración de la Potencia vista con el LCT.....	105
6.1.4	Potencia de Tx.....	106
6.1.5	Frecuencia de Tx.....	109
6.1.6	Curva de AGC.....	110
6.1.7	Retardo de Grupo, Amplitud.....	112
6.1.8	Medición de Voltajes.....	113
6.2	Protocolos de aceptación.....	113

**CAPITULO VII****PRESUPUESTO Y TIEMPO DE EJECUCION**

7.1 Análisis de Costos.....121

7.2 Cronograma de Ejecución.....127

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....128****ANEXO A.****ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, ANTENA:****ANDREW UHX8-59W-P3A.....130****ANEXO B.****ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, PATRÓN DE RADIACIÓN:****ANDREW UHX8-59.....135****ANEXO C.****GUÍA DE ONDA: EWP64-65.....139****ANEXO D.****PERFILES.....142****ANEXO E.****CALCULO DE PROPAGACIÓN.....149****BIBLIOGRAFIA.....151**

## PROLOGO

La aplicación de las Redes SDH se inicia en nuestro país en el año 1995 para reemplazar la Red Troncal PDH de Microondas recientemente adquirida por Telefónica del Perú.

El Radio de Microondas SDH 2000S es el equipo que se empezó a instalar para reemplazar los equipos de la Red existente y también para implementar los nuevos enlaces. El DMR 2000S se estuvo instalando hasta el año 2003, pues NEC Corporation lanza al mercado el Radio de Microondas DMR 3000S.

A partir del 2004, el DMR 2000S se implementaba solo para ampliaciones; mientras que todos los enlaces nuevos se planifican e implementan con el DMR 3000S. Es en esta parte mi participación y experiencia dedicada en el Área de Telecomunicaciones dentro del Territorio Nacional.

Las empresas de hoy en día se enfrentan al manejo de su información de una manera segura, estable y siempre disponible. Es común que las aplicaciones en las que se utiliza esta información se vuelvan cada vez más robustas, teniendo como entradas y salidas un gran flujo de datos. Pues toda la información exige grandes recursos de las redes de datos por las cuales viajan, haciéndose muy necesario grandes anchos de banda y redundancias en los equipos que las componen. De este principio nace el concepto de backbone o red de transporte de información. Otros aspectos que han liderado este vertiginoso avance han sido el tipo de tecnología, nivel de sincronismo, detección y corrección de errores, estabilidad y direccionamiento de cada una de las soluciones que existen en el mercado. Como resultado de este crecimiento es que ahora se dispone de las redes SDH.

En este informe se realizará la aplicación del DMR 3000S para enlazar dos ciudades con dos saltos de microondas, indicando la teoría necesaria para entender el comportamiento de las redes SDH como se vera en el Capitulo I.

Todos los proyectos se realizan previa planificación y aprobación del presupuesto; es así que dentro de mi experiencia también mencionaré la instalación de otros equipos de microondas: Microlink, Pasolink, Pasolink NEO, Minilink Ericsson, DMR 2000S y DMR

3000S. Es precisamente que el DMR 3000S es el equipo mas indicado para dar solución al transporte masivo de información a través de microondas como se vera en el Capitulo II.

En el Capitulo III se realizara una descripción del equipo DMR 3000S, así como también se mencionaran los equipos externos para realizar las pruebas de la implementación con el DMR 3000S.

El Capitulo IV menciona la información necesaria para realizar un replanteo o estudio de campo antes de realizar la adquisición de los equipos que serán usados en el enlace de microondas.

El Capitulo V describe la implementación del enlace de microondas en las estaciones que han sido asignadas para montar las antenas y equipos de microondas.

Una vez implementado y concluido la instalación de equipos de microondas es necesario realizar todas las pruebas que nos garantice el correcto funcionamiento para lo cual fue diseñado el enlace, la descripción de esas pruebas y resultados se ven en el Capitulo VI.

En el Capitulo VII se realiza un análisis de costos y se da un alcance del tiempo que demora implementar y poner en servicio un sistema 1+1.

Quiero reconocer los consejos de mis amigos de Planta Externa, el Sr. Estuardo Ríos y el Ing. Miguel Cabrera que siempre me alentaron por desarrollarme en el Área de Ingeniería de Red; el apoyo brindado por mi amigo y compañero de trabajo Carlos Martínez De La Vega al trasmitirme su experiencia y enseñarme lo que significa trabajar lejos de la familia y soportar la soledad e inclemencias del clima; la confianza brindada por los Ingenieros Jorge Mendoza, Juan Rodríguez y José Veliz por enseñarme y permitirme trabajar con la redes SDH en todo el territorio nacional; el aliento y apoyo de las maravillosas personas que conforman el Área de Ingeniería de Red: Ebert Navarro, Ana Gonzáles, Alex Pizarro, Ing. Jorge Leiva, Ing. Guevara, Ing. Murata, Ing. Fortunato Almidón, Jorge Mejía, Víctor Llanco, Pablo Aucapuri, etc.

# CAPITULO I

## MARCO TEORICO

### **1.1 Introducción**

Las redes de transporte de información son hoy en día redes multiservicio con la capacidad de integrar tráfico de datos y de aplicaciones en tiempo real. Existen necesidades del sector empresarial o de usuario final que pueden ser cubiertas por medio de un diseño de este tipo de redes de transporte de información.

En este informe se ilustra el proceso que se siguió para hacer la construcción de un Enlace de Microondas para transporte de información con tecnología SDH para soportar muchos de los servicios de Telecomunicaciones en el Perú.

El constante avance en las tecnologías de redes de computadores y de las aplicaciones de tiempo real ha hecho que cada vez más se les exija a la infraestructura de cableado y de red, niveles de anchos de banda superiores. Esto hace que tanto las redes de datos como las redes de tiempo real, como la telefonía, tengan sus propios estándares, equipos y tipos de cableado. Las redes de transporte nacen como una iniciativa de las redes de tiempo real, en particular de la telefonía, buscando integrar un sin número de redes pequeñas particulares o centralitas, en redes de distribución metropolitanas, nacionales e internacionales. La convergencia de redes y servicios ha permitido en los últimos años que las aplicaciones en tiempo real se aprovechen de la creciente difusión de las redes de datos. Es así como ya bajo una misma red que originalmente fue diseñada para la transmisión de datos, podemos encontrar integradas aplicaciones cliente-servidor, voz, datos y video, etc. Esta situación exige grandes recursos y niveles de servicio de las redes de transporte de información.

En la actualidad el mercado de las redes de transporte está apoyado en gran medida por los constantes avances en redes de transmisión por fibra óptica. Las fibras ópticas permiten obtener grandes anchos de banda a distancias relativamente grandes, del orden de kilómetros, mientras que las interfaces eléctricas apenas logran alcanzar unos pocos metros antes de degradarse los niveles de señal y sincronía. No obstante, el cobre sigue prestando

un papel protagónico en las redes del tipo Ethernet e ISDN, altamente difundidas a nivel mundial. Pero este último se ha ido especializando en el mercado de las redes de área local (LAN), dándole paso a la fibra óptica, y en algunos casos a las interfaces radioeléctricas.

En el mundo de las grandes redes de transporte de información las Microondas son más económicas que el satélite o el arriendo de troncales y tienen ventaja sobre la fibra óptica, su principal limitación es su ancho de banda en comparación a la fibra óptica.

La fibra óptica tiene un perfil de costo lineal: a mayor distancia más costo, en las Microondas el costo es proporcional al número de repetidores requeridos, es más barato para grandes distancias; son fáciles de instalar y no impactan sobre el terreno.

Otra ventaja de las Microondas es que la inversión en equipamiento tiene un costo fijo más bajo asociado con él, permitiendo extender los costos uniformemente sobre la vida del sistema, reduciendo así el riesgo de la inversión. La otra gran ventaja de las microondas es desde el punto de vista de retorno de la inversión, el equipo es re-utilizable. A menudo se instalan los sistemas de microondas para grandes proyectos donde la fibra es una buena solución a largo plazo. Para aprovechar al máximo su gran utilidad; una vez que la troncal de fibra se ha instalado, las microondas se retiran y son reinstaladas en otra parte; o en todo caso, como sucede en el norte del Perú por los desastres ocasionados por la corriente del niño, se planifica para que sirva de respaldo de la fibra óptica, dándole prioridad a algunos circuitos.

Existen hoy en el mercado varios tipos de redes de transporte de información. Las principales son, entre otras, las redes ATM (modo de transferencia asíncrona) y Gigabit Ethernet, que vienen del mundo de la transmisión de datos, y las redes BISDN (red de servicios integrados de banda ancha), PDH (jerarquía digital plesíncrona) y SDH (jerarquía digital síncrona), heredadas del mundo de la transmisión de aplicaciones en tiempo real. En el desarrollo de este informe de experiencia tratare sobre las redes SDH por varias razones en particular:

- Las redes SDH son redes de transporte en capa 1 y permiten encapsular sobre sí, cualquier tipo de información o tramas de las otras redes mencionadas anteriormente.
- Las redes SDH permiten transportar en su interior cualquier tipo de tráfico sin ningún tipo de inconveniente en la calidad del servicio.
- El estándar SDH define las tramas y niveles de jerarquía para todas las tasas de transmisión superiores que se puedan generar en el futuro. Esto hace que se pueda crecer

en anchos de banda sin modificar el estándar ni las redes actuales, como sí sucede en los demás tipos de redes.

- Las redes SDH permiten implementar topologías en anillo con caminos redundantes que las hacen posicionarse como el número uno en cuanto a estabilidad, robustez y niveles de disponibilidad. No solo las topologías en anillo aseguran la disponibilidad, existen estandarizados un gran número de esquemas de protección sobre las redes SDH que permiten que el servicio sea recuperado automáticamente después de que ocurre una falla. También los equipos SDH son fabricados con grandes niveles de disponibilidad gracias a sus protecciones de equipamiento, donde se pueden encontrar con redundancias en fuentes de alimentación, en matriz de cross conexión y hasta tarjetas de tributarios.

- En conclusión, el estándar de redes SDH es el que está marcando la dirección en cuanto a redes de transmisión de información, y muy probablemente lo seguirá haciendo en el futuro. Aprovechando esto se pueden hacer diseños de redes metropolitanas, nacionales e internacionales altamente robustas y con capacidad de crecimiento a bajos costos y facilidad de implementación.

## **1.2 Jerarquía Digital Síncrona SDH.**

SDH es una tecnología que permite el transporte en capa física de una gran cantidad de tráficos y gestiona su transmisión de forma eficiente. Un enlace SDH puede ser visto como un canal o tubería en la cual pueden ser insertados paquetes de tráfico con una información asociada para su correcta entrega en el destino y que además permite conocer el comportamiento de dicho paquete en su recorrido.

El protocolo SDH define todos los elementos necesarios para llevar a cabo el transporte en la primera capa del modelo OSI. Entre estos estandariza la utilización eficiente de las interfaces ópticas y radioeléctricas, la Multiplexación Digital, la sincronización, los esquemas de protección y parte de la gestión de red. Existe otro estándar que es usado en Norteamérica llamado SONET (red óptica síncrona, por sus siglas en inglés), el cual se basa en los mismos principios y es compatible con SDH (que es usado en el resto del mundo) en varios niveles de jerarquía.

La Multiplexación Digital es el aprovechamiento que se hace de un canal de comunicaciones en el que se transportan señales digitales. Las señales digitales provienen de señales analógicas que son muestreadas y cuantificadas convirtiéndolas en una sucesión de bits (unos y ceros), o simplemente de flujos de datos originalmente digitales en alguna

aplicación. El objetivo de la Multiplexación Digital es aumentar la frecuencia con que se transmiten los datos por un canal haciendo que éste pueda ser usado por varios tráficoes independientes en intervalos o ranuras de tiempo diferentes llamados *time slots*. Dicha repartición del canal puede hacerse en ráfagas de bits de una longitud determinada para cada canal, comúnmente se multiplexa a nivel de bit ó a nivel de byte (8 bits).

Dentro de los componentes de una Red Síncrona tenemos:

a) Regeneradores: Se encargan de regenerar el reloj y la amplitud de las señales de datos entrantes que han sido atenuados y distorsionados por la dispersión y otros factores. Obtienen sus señales de reloj del propio flujo de datos entrante. Los mensajes se reciben extrayendo varios canales de 64Kbit/s (Por ejemplo, los canales de servicio E1, F1 de la cabecera RSOH). También es posible enviar mensajes utilizando esos canales. Los regeneradores síncronos supervisan también la calidad de transmisión de la línea a través del byte B1. (ver Tabla 1.2)

b) Multiplexores: Se emplean para combinar las señales de entrada plesíncronas y terminales síncronos en señales STM-N de mayor velocidad, con lo cual se consigue una máxima utilización de la infraestructura física. Los sistemas de transmisión síncronos emplean la Multiplexación por División en el Tiempo (TDM). Los multiplexores síncronos pueden funcionar como interfaz entre señales PDH y señales SDH; y entre señales SDH múltiplex de orden inferior y señales SDH de orden superior. Un Mux será una parte de los DXC y de los ADM.

c) Multiplexor de inserción y extracción (ADM): Permite insertar (o extraer) señales plesíncronas y síncronas de menor velocidad binaria en el flujo de datos SDH de alta velocidad. Gracias a esta característica es posible configurar estructuras en anillo, que ofrecen la posibilidad de conmutar automáticamente un trayecto de reserva en caso de fallo de algunos de los elementos del trayecto.

d) Cross-Connection Digital (DXC): Este elemento de la red es el que mas funciones tiene. Permite mapear las señales tributarias PDH en contenedores virtuales, así como conmutar múltiples contenedores, hasta VC-4 inclusive. Puede conectar y desconectar señales de orden inferior.

e) Gestión de los elementos de la red: La red de gestión de las telecomunicaciones (TMN) se considera un elemento más de la red síncrona. Todos los elementos SDH mencionados hasta ahora se controlan por software, lo que significa que se pueden

monitorear y controlar en forma remota, el cual es una de las ventajas más importantes de los sistemas SDH.

### 1.3 Recomendaciones UIT-T sobre SDH.

Sector de normalización de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones). Se formó en 1993 para reemplazar al CCITT y su sede está ubicada en Génova, Suiza.

La jerarquía digital síncrona SDH nace de una iniciativa por mejorar las prestaciones que hasta entonces habían dado las redes PDH (jerarquía digital plesíncrona, por sus siglas en inglés) con algunas limitantes propias de las redes plesíncronas. La Bellcore propone una normalización a la ANSI (instituto nacional americano de estándares, por sus siglas en inglés) para sacar un estándar que reuniera a todos los operadores de fibras ópticas que operaban de forma síncrona. El estándar de la ANSI es conocido como SONET, el cual luego es propuesto a la CCITT (ahora, UIT-T) que emite la normalización para SDH en el libro azul de 1989. Este estándar agrupa las recomendaciones G.707, G.708 y G.709 para el armado de tramas, G.781, G.782 y G.783 con la información referente a los multiplexores, G.784 con la gestión y administración TMN de la red, y en G.957 y G.958 la información referente a interfaces.

### 1.4 Velocidades de BIT SDH

Las velocidades de la Jerarquía digital síncrona están determinadas por la recomendación G.707 de la UIT-T:

Tabla 1.1 Velocidad de BIT SDH

Niveles SDH	Velocidad en Kbps	Mux Terminal	Mux de Inserción y Extracción	Total de Canales de 64Kbps	
				30TS	32TS
STM-0	51 840			630CH	672CH
STM-1	155 520	SMS-150T	SMS-150A	1890CH	2016CH
STM-4	622 080	SMS-650T	SMS-600A	7560CH	8064CH
STM-16	2488 320	SMS-2500T	SMS-2500A	30240CH	32256CH

El primer nivel de la jerarquía digital síncrona es 155.52 Mbps.

Los niveles mas altos de la jerarquía digital síncrona son obtenidos de un múltiplo entero del primer nivel.

Los niveles mas altos de la jerarquía digital síncrona son denotados por el factor que multiplica al primer nivel de la jerarquía.

### **1.5 Contenedor Virtual.**

El módulo de transporte síncrono (STM) es donde va contenida toda la carga de tributarios y agregados de la red SDH en forma de contenedores. Un contenedor es el elemento básico de carga de la red SDH y está conformado por los bits de información de una señal de tributario, la cual esta empaquetada dentro del contenedor. El tamaño del contenedor depende del tamaño de la información que será empaquetada en él, y existe una cantidad discreta de tamaños que corresponden a cada una de las tasas de señales PDH.

Como cada paquete de tráfico esta asociado a un origen (que es el emisor del paquete) y un destino (que es el que lo recibe), debe llevar una información asociada a estos y a la ruta que recorre. Esta información se conoce como la Tara o cabecera de ruta (camino) y permite etiquetar el tráfico asociado a un contenedor para trazar su camino a través de la red SDH. El elemento obtenido de empaquetar un contenedor junto con su cabecera de ruta asociada se conoce como contenedor virtual (VC). Un contenedor virtual también puede conformarse a partir de grupos de unidades tributarias (TUG). Los contenedores virtuales están organizados de acuerdo a la jerarquía de la señal PDH a la cual están asociados. Un VC12 lleva asociado una señal de 2 Mbps (un E1), un VC11 carga una señal de 1,54 Mbps (un DS1), un VC3 una señal de 34 Mbps (un E3) y un VC4 una señal de 140 Mbps (un STM-1).

### **1.6 Trayecto y Sección.**

Existen dos clases de Sección, conocidas como:

a) Sección Regeneradora: Se define como la porción de la facilidad de transmisión entre un elemento de red terminal, en donde la señal STM-N es generada o terminada y un repetidor; o entre dos repetidores.

b) Sección Multiplexora: Es el medio de transmisión entre dos elementos de red consecutivos, uno de los cuales origina la señal STM-N y el otro lo termina.

La red SDH consiste de Secciones Multiplexoras cuyas capacidades de transmisión podrían ser diferentes de acuerdo a los requisitos de cada estación.

El trayecto se define como una conexión lógica entre un punto donde un contenedor virtual se ensambla y otro punto donde el contenedor virtual se desensambla. (Figura 1.1)

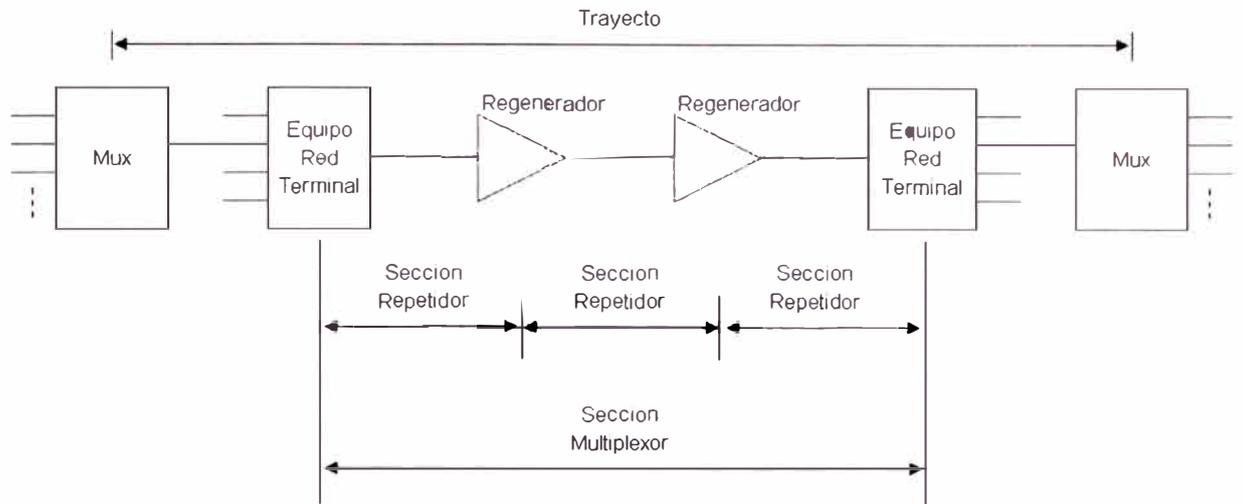


Figura 1.1 Trayecto y Sección

### 1.7 Estructura de Multiplexaje de SDH.

Un contenedor virtual de una jerarquía mayor puede portar en su interior otros de jerarquía menor, por ejemplo, un VC4 puede construirse a partir de 63 VC12.

Todos los contenedores virtuales están contenidos dentro del área de carga útil (en inglés Payload área) de la señal STM-N. A su vez, la señal básica o fundamental de SDH es el STM-1 (155,52 Mbps). Al concatenar en múltiplos de 4 la señal STM-1 se obtienen mayores tasas de transmisión, como lo son STM-4 (622,08 Mbps), STM-16 (2,49 Gbps) y STM-64 (9,95 Gbps). Estos niveles de mayor jerarquía de las señales SDH no llevan ninguna clase de bits de alineación o supertrama como en las señales PDH, por lo tanto su tasa de transferencia es exactamente 4 veces la tasa de transferencia del nivel inmediatamente inferior y esto permite que puedan ser definidos una gran cantidad de niveles superiores de manera simple. Existe también otra medida en la jerarquía conocida como subSTM o STM-0 y corresponde a la tasa de transferencia de un STS1 (primer nivel de jerarquía en SONET): 51,84 Kbps.

Para poder gestionar el comportamiento de los STM-1 en la red SDH, estos también tienen unos bytes de información asociados a los elementos de red. Estos canales de datos (algunos pueden ser usados como canales de voz también) permiten el control de la transmisión, fallos y alarmas entre dos nodos adyacentes y entre los nodos y un sistema de gestión centralizado. La estructura de multiplexación SDH define como una señal digital de tributario es empaquetada, mapeada y llevada hasta su destino. Inicialmente el tráfico de tributario es empaquetado en un contenedor al cual le es agregado un encabezado de

camino para ser convertido en un contenedor virtual (VC), a este a su vez se le agrega un puntero para marcar su ubicación y esto es conocido como unidad tributaria (Tributary Unit, TU). Las unidades tributarias son multiplexadas en grupos de unidades tributarias (TUG) y estos a su vez en grupos de unidades administrativas (AUG) según unas reglas estrictas de multiplexación mostradas en la Figura 1.2.

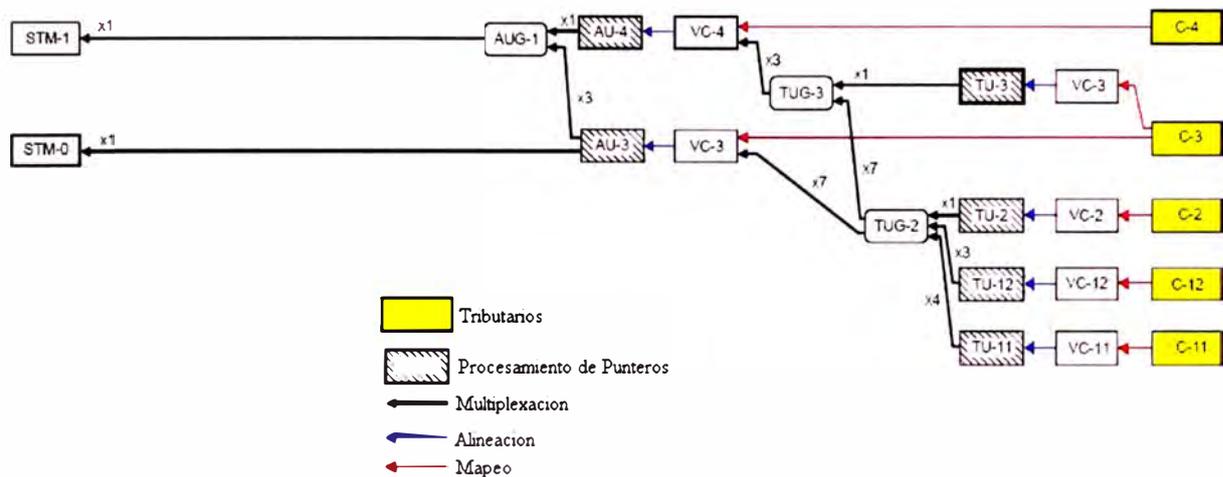


Figura 1.2. Estructura de multiplexaje en SDH

Ya que el módulo de transporte es síncrono con una referencia temporal común a todos los nodos de la red, la información puede ser fácilmente multiplexada y demultiplexada en cada uno de los nodos. Además el sincronismo y las cabeceras presentes en la red dan la posibilidad de no tener que desmontar toda una señal SDH para extraer un canal de tráfico, sino que implementa una función llamada AddDrop (agregar-extraer) que permite extraer o adicionar hasta un solo canal de 2 Mbps sin tocar el resto de la señal.

La unidad STM-1 constituye el orden de jerarquía básico de SDH. La trama STM-1 se compone de una organización matricial de 270 bytes (columnas) de ancho por 9 bytes (filas) de alto, en total 2430 bytes como se muestra en la Figura 1.3. En las primeras 9 columnas de la trama están incluidas la cabecera de sección y los punteros de los VC4. Para ser compatible con el período de muestreo de los canales de voz en PCM, cada trama se transmite cada 125 $\mu$ s. (8000 tramas por segundo), lo cual genera una tasa de transmisión total de 155,52 Mbps. Además al tener el mismo período de transmisión de tramas que PCM cada byte de la trama STM-1 puede ser visto como un canal de 64 Kbps. Las velocidades de transmisión de las tramas de mayor jerarquía pueden ser fácilmente calculadas multiplicando la tasa básica STM-1 por múltiplos de 4.

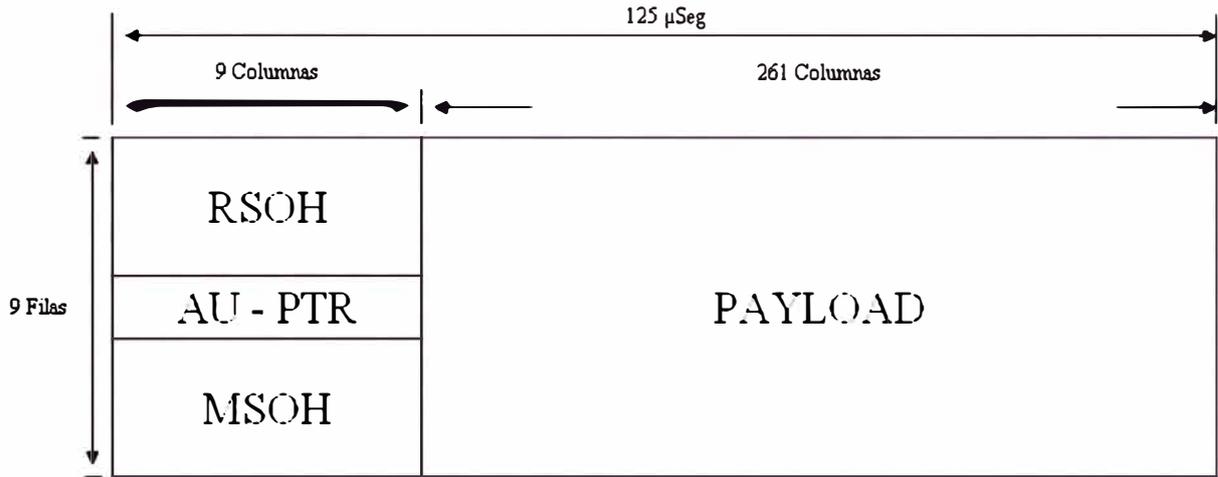


Figura 1.3 Formato de trama STM-1

### 1.8 Función de Puntero.

Existen dos tipos de punteros, el puntero AU y el puntero TU. El puntero AU se utiliza para acomodar contenedores virtuales de orden superior (VC-4 o VC-3) en el STM-N y los punteros TU para acomodar contenedores virtuales de orden inferior (VC-11 o VC-12) en los contenedores virtuales de orden superior.

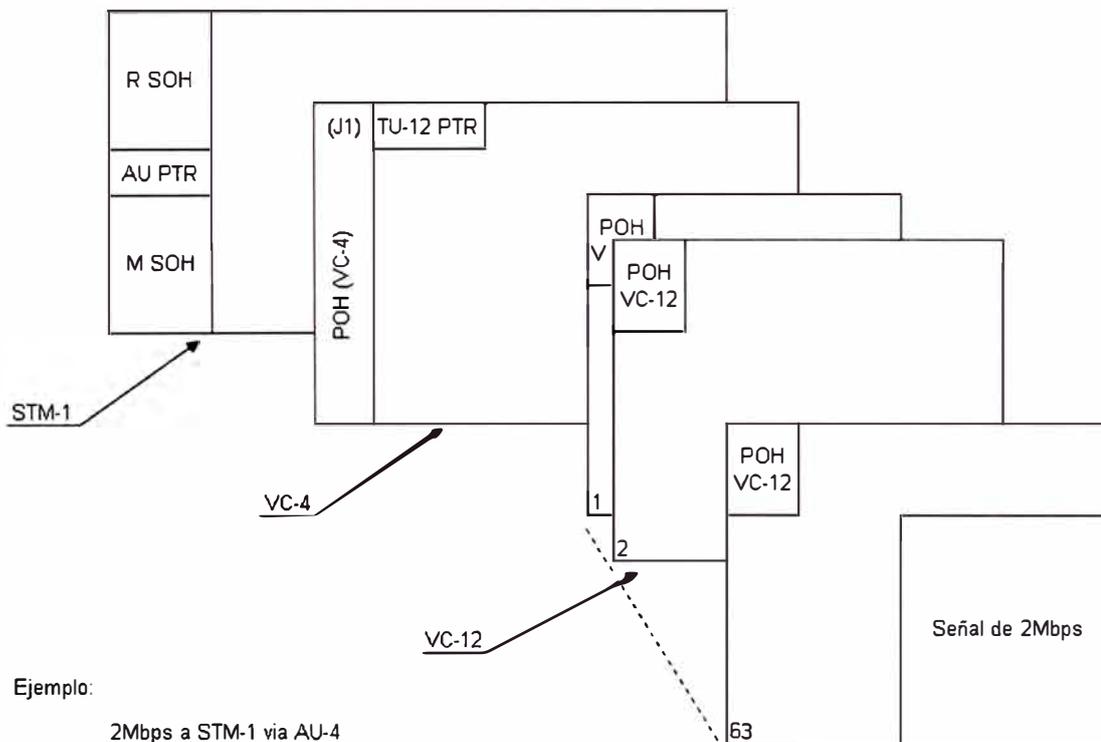


Figura 1.4 Funciones de Puntero

El uso de punteros en la trama STM-1 significa que las señales plesíncronas pueden ser acomodadas en el seno de la red sincronía sin necesidad de emplear buffers.

Esto es porque la señal puede ser empaquetada en un contenedor virtual e insertada en la trama en cierta posición de modo que el puntero indique esta posición. Usar el método de punteros es posible al definir los contenedores virtuales síncronos ligeramente mayores que la carga útil que portan. Esto permite a la carga deslizarse un tiempo relativo a la trama STM-1 en la cual está contenido. El ajuste de puntero también es posible ante la ocurrencia de cambios de frecuencia o fase como consecuencia de variaciones de retardo de propagación.

El resultado de esto es que, para cualquier flujo de datos, es posible identificar sus canales tributarios individuales, e insertar o extraer información, y de este modo superar uno de los principales inconvenientes del PDH.

La cabecera de sección (SOH), se adiciona a un AU-4 o a un AU-3 para crear un STM-1 (Ver Figura 1.2). El contenido que representa la monitorización de la calidad de funcionamiento de la sección y otras funciones de mantenimiento y operacionales puede añadirse o modificarse sin desensamblar el STM-1, según proceda, para diversas configuraciones de los elementos (ejemplo: El control de la conmutación de protección). Esta cabecera se divide en M SOH y R SOH.

La cabecera de trayecto (POH) del contenedor virtual permite la comunicación entre el punto de ensamblado (Mapeo) de un contenedor virtual y su punto de desensamblado. Se han identificado dos categorías de cabecera de trayecto de contenedor virtual (Ver Figura 1.4):

a) Cabecera de contenedor virtual inferior o básico: El que se añade al C-11 o al C-12 al crearse el VC-11 o el VC-12 respectivamente. Entre las funciones de esta cabecera cabe citar la monitorización de la calidad del funcionamiento del trayecto del contenedor virtual, las señales para fines de mantenimiento y las indicaciones de estado de las alarmas.

b) Cabecera de contenedor virtual de orden superior: La cabecera de trayecto de un VC-3 se añade al conjunto de varios TUG-2 para formar un VC-3. La cabecera de trayecto de un VC-4 se añade a un conjunto de TUG-3 o a un C-4 para formar un VC-4. Entre las funciones de esta cabecera están la monitorización de la calidad del funcionamiento del trayecto de contenedor virtual, indicaciones de estado de las alarmas, señales para fines de mantenimiento e indicaciones de estructura multiplexora.

## 1.9 Encabezamiento (Overhead OH).

Dada la trama STM-1:

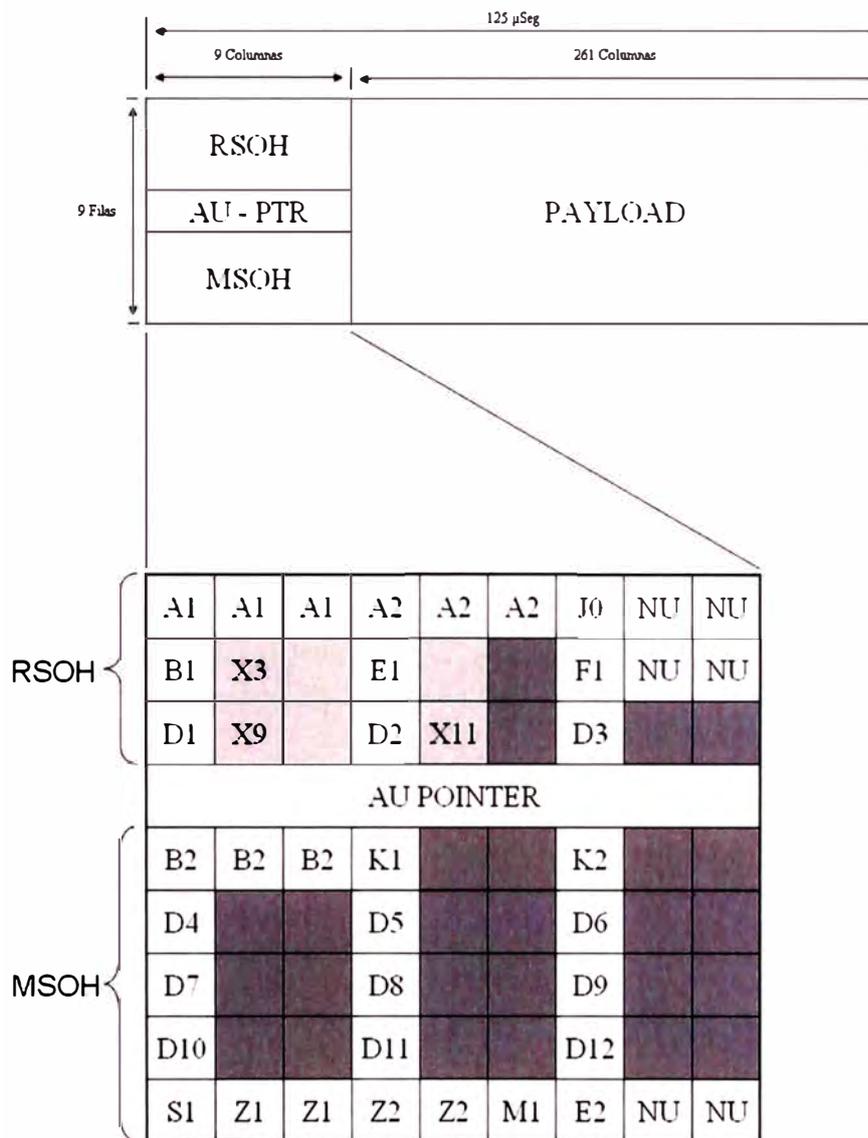


Figura 1.5 Trama STM-1

Las primeras 9 columnas de la matriz de bytes de la trama STM-1 constituyen el encabezado o tara de sección. Estos 81 bytes transportan la información de control y gestión que intercambian dos nodos adyacentes dentro de la red SDH. Algunos de los bytes no están completamente definidos y pueden ser usados para aplicaciones propietarias o definidos para uso nacional. Existen también bytes definidos para uso de canales de voz, que son útiles en la operación y mantenimiento de una red SDH.

La fila 4 del SOH contiene 9 bytes destinados para los punteros de los VC-4 dentro del área de carga. Estos punteros señalan el inicio del VC-4 dentro de la carga útil y ofrecen una oportunidad de justificación. Las filas 1 a 3 del SOH se conocen como R SOH

y corresponden a aplicaciones entre equipos regeneradores, y las filas 5 a 9 se usan para aplicaciones entre equipos multiplexores terminales, conocido también como M SOH. Estos últimos dos sectores contienen los canales DCC (Canal para comunicación de datos, por sus siglas en inglés), el uso de ambos canales de comunicación es para gestión de red.

La ubicación de cada uno de los bytes del SOH aparece ilustrada en la Figura 1.6. En ella se pueden reconocer algunos bytes no nombrados que son específicamente para uso nacional, aplicaciones especiales y componen también un canal de 2 Mbps usada para la comunicación entre equipos cuando se usan interfaces eléctricas. La tabla 1.2 describe también el uso y la función de los bytes más importantes dentro del SOH.

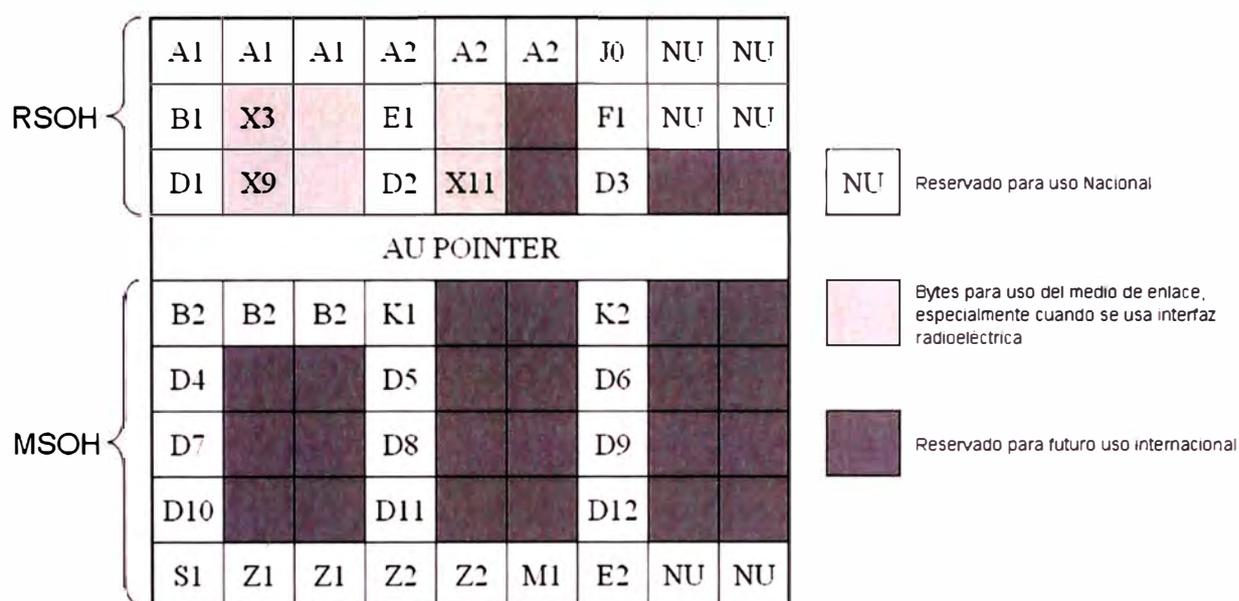


Figura 1.6 Encabezado de sección (SOH)

Tabla 1.2 Bytes del encabezado de sección

<b>RSOH</b>
<b>A1, A2:</b> 6 bytes de alineamiento de trama, A1=11110110, A2=00101000
<b>J0 (C1):</b> 1 byte que identifica cada STM-1 dentro de un STM-N
<b>B1:</b> 1 byte de paridad para detección de errores en base a BIP-8
<b>E1:</b> 1 byte, provee un canal de servicio de 64 kb/s para comunicación de voz.
<b>F1:</b> 1 byte para canal de datos de 64 kb/s para uso del operador de la red
<b>D1-D3:</b> 3 bytes para transportar canales DCCr (192 Kbps)
<b>X3, X9, X11:</b> Bytes de Acceso activado con el módulo OH INTFC/OH EXT
<b>MSOH</b>
<b>B2:</b> 3 bytes de paridad para detección de errores en base a BIP-24
<b>K1, K2:</b> 2 bytes de señalización para conmutación de protección automática.
<b>D4-D12:</b> 9 bytes para transportar canales DCCm (576 Kbps)
<b>S1:</b> 1 byte para el estado de sincronización.
<b>Z1, Z2:</b> 4 bytes reservados, aun no definidos.
<b>M1:</b> 1 byte que lleva información sobre Indicación de Errores Remotos (REI)
<b>E2:</b> 1 byte para canal de frecuencia vocal para operación y mantenimiento

El equipo DMR 3000S proveen el módulo OH INTFC y el módulo OH EXT, los cuales permiten el acceso a los bytes MSOH y RSOH tanto en una terminal como en un repetidor. Los bytes de encabezado que pueden ser accedidos son los bytes E2 y DCCm en la MSOH; los bytes E1, F1, DCCr, X3, X9 y X11 en la RSOH. (Ver Figura 1.6)

## **CAPITULO II**

### **TIPOS DE ENLACES DE MICROONDAS**

#### **2.1 Generalidades**

Debido al constante avance en las tecnologías y crecimiento de las empresas, las cuales tienen sucursales en los diferentes departamentos del Perú y todas cuentan con redes de computadores y de las aplicaciones de tiempo real ha hecho que cada vez más se les exija a la infraestructura de cableado y de red niveles de anchos de banda superiores. Esto hace que todas necesiten estar interconectadas; pues Telefónica del Perú les brinda la interconexión y transporte de información con gran ancho de banda. La demanda se representa por la cantidad de EIs que estas requieran, la interconexión requiere básicamente que dichas sucursales tengan línea de vista a cualquier Central o Estación de Telefónica del Perú para solucionar el transporte de la información con un enlace de Microondas.

Otro avance tecnológico que se viene dando con mucho avance en esta década es el crecimiento vertiginoso de la demanda por el consumo de los teléfonos celulares, lo cual requiere implementar una EBC (Estación Base Celular). Pues ahora todas las ciudades principales, pueblos en crecimiento económico y capitales de provincias ya cuentan como mínimo con una EBC; de la misma manera la demanda para interconectarse a la Red de Telefónica del Perú es mediante uno o varios EIs. La solución también se realiza mediante enlaces de Microondas.

No se puede dejar de lado que estos pueblos y ciudades en crecimiento económico y poblacional también aumentan su demanda por el servicio de ADSL, el cual también requiere de varios EIs, siendo la solución de la misma manera que en los servicios anteriores.

En tal sentido anualmente se realizan adquisiciones de equipos con diferentes precios y características, aprovechándose todas las bondades que estos nos puedan brindar. Pues las empresas e instituciones plantean a Telefónica del Perú el requerimiento y la solución siempre requiere enlazarse a una Central o Estación de Telefónica del Perú. Mi

experiencia laboral en estas soluciones involucran directamente los enlaces de Microondas hasta el DDF de interconexión a los diferentes equipos que brindan los diferentes servicios demandados (PBX, Digired, Routers, ADM, etc.); cuya interconexión esta dado a través de E1s. En este capítulo describiré los diferentes tipos de enlaces de Microondas que he tenido la oportunidad de utilizar: Microlink, Pasolink, Pasolink NEO, Minilink Ericsson, DMR 2000S y DMR 3000S.

### a) Microlink

Conocido también como WinLink 1000, es un equipo que se usa en la banda no licenciada, opera en diferentes rangos de frecuencia, tiene varias versiones según la ETSI y regulado según FCC:

- F23, 2.300–2.400 GHz
- F24, 2.400–2.4835 GHz
- F49, 4.940–4.990 GHz
- F53, 5.250–5.350 GHz
- F54, 5.470–5.725 GHz
- F58, 5.725–5.850 GHz
- F59, 5.865–5.935 GHz

Con capacidades para 2E1 + 1Conexión LAN, se usa principalmente para enlaces con pequeñas empresas que sus requerimientos no sobrepasen 2E1 + 1Conexión Lan.

Modulación OFDM – BPSK/QPSK/16QAM/64QAM

Potencia máxima de Tx. Configurable a 18/23 dBm

Error Correction FEC;  $k=1/2, 2/3, 3/4$

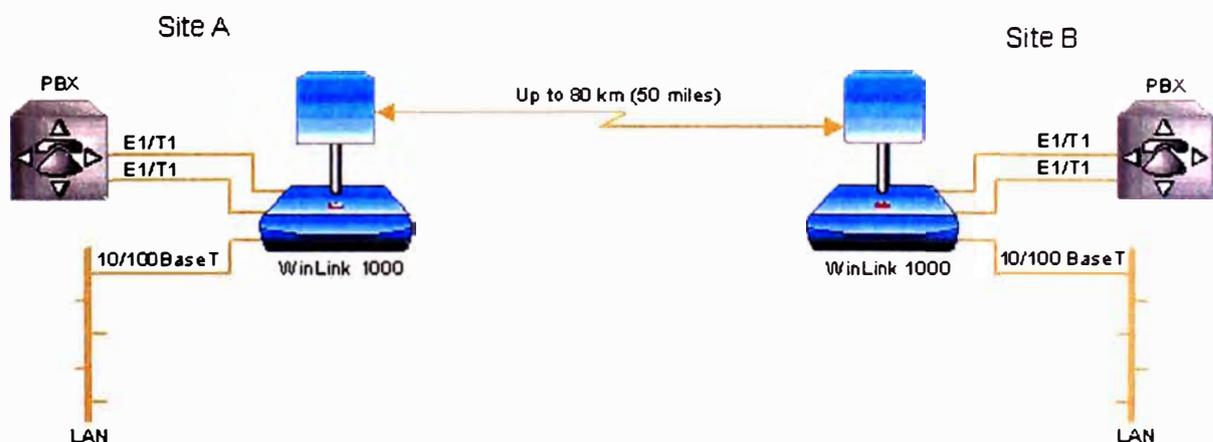


Figura 2.1. Aplicación Típica

Se caracteriza por tener la ODU conectado directamente a la Antena, baja con cable estructurado CAT-5e (max. 100m) hasta la IDU, se interconecta con conector RJ-45.

Para su alimentación requiere -48VDC y un consumo de potencia máximo de 75W.

IDU RJ-45	Wire Color	Function	ODU RJ-45
1	twisted White/Green	Ethernet (RxN)	1
2	pair Green	Ethernet (RxT)	2
3	twisted White/Orange	Ethernet (TxT)	3
6	pair Orange	Ethernet (TxN)	6
4	twisted Blue	Power (+)	4
5	pair White/Blue	Power (+)	5
7	twisted White/Brown	Power (-)	7
8	pair Brown	Power (-)	8

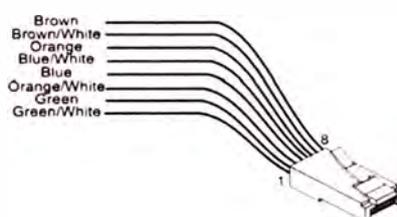


Figura 2.2. Conectorización Cable CAT-5e

Para su configuración, alineamiento y mantenimiento se requiere ejecutar el programa del equipo en una Laptop con Windows 2000 o Windows XP.

Fotos de instalación para un cliente en la Ciudad de Juliaca (Un E1 para una EBC):



Figura 2.3. Antena de enlace para el Microlink

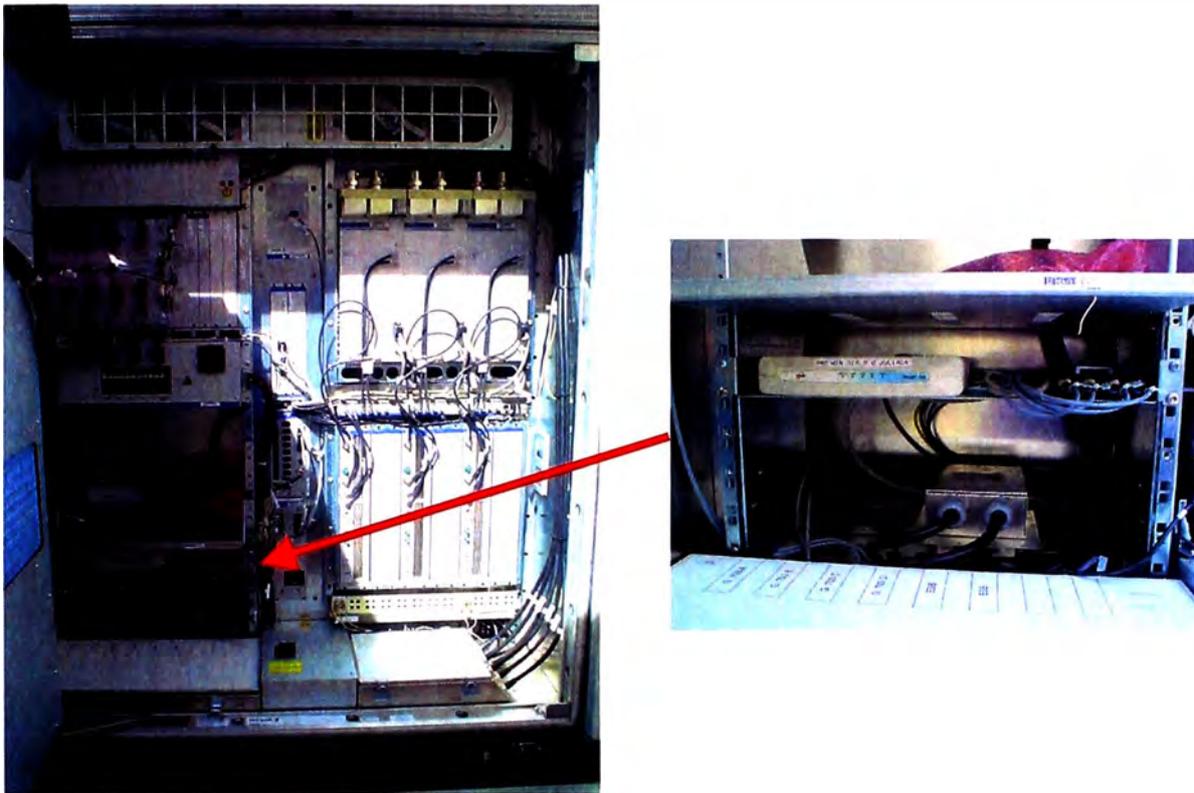


Figura 2.4. IDU Microlink dentro de una EBC

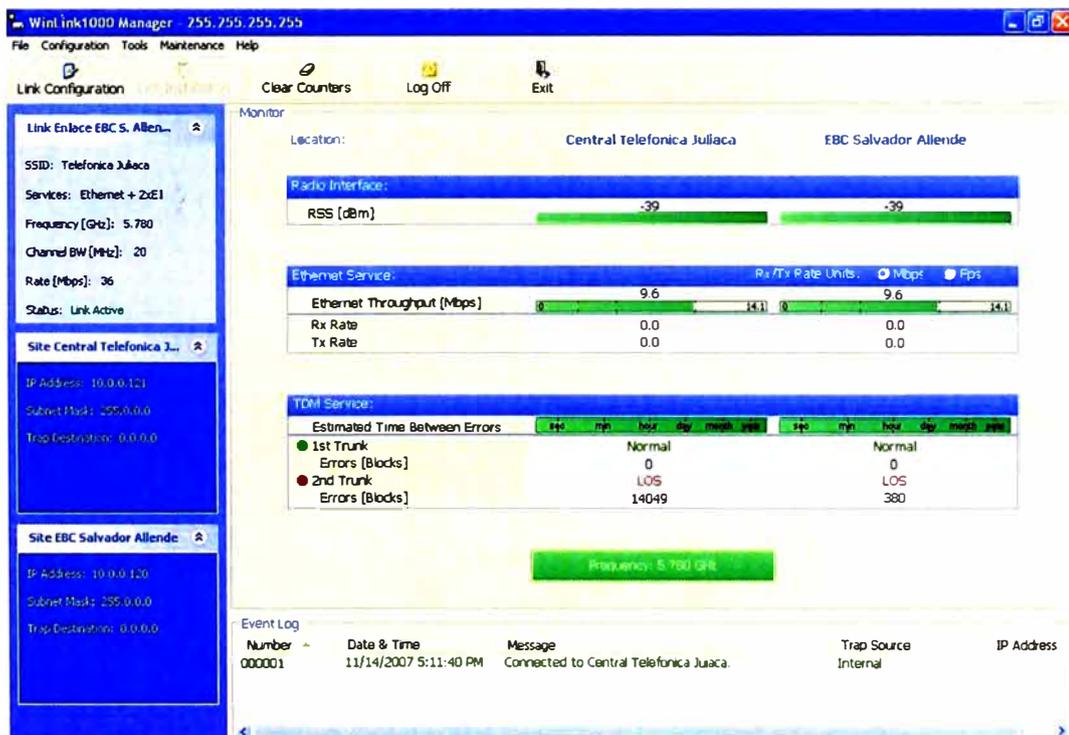


Figura 2.5. Configuración del Enlace con Microlink

## b) Pasolink

Conocido también como Pasolink V4, es un equipo que se usa para el sistema de radio microondas digital punto a punto de 13/15/18/23/26/38 GHz. El uso de estas bandas requiere licencia del MTC.

El sistema consiste de Transmisor-Receptor (Unidad Externa – ODU) y Modulador-Demodulador (Unidad Interna – IDU), baja con cable coaxial RG-8 (máx. 100m) hasta la IDU.

Para su alimentación requiere -48VDC y un consumo máximo de potencia de 98W.

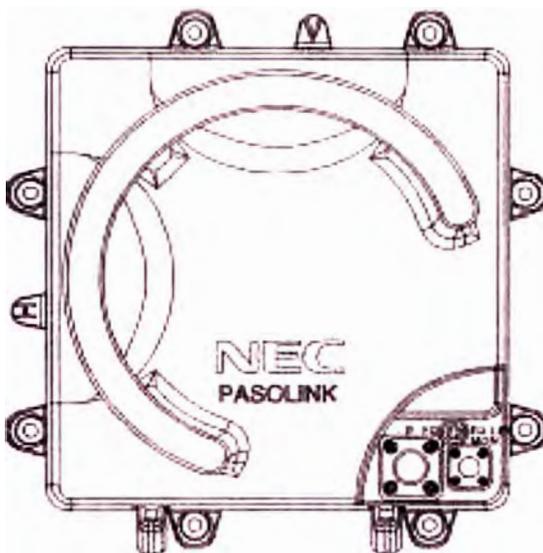


Figura 2.6. ODU del Pasolink NEC

El sistema adquirido de 34 MB se usa para comunicar un flujo de datos a 34.368 Mbps (equivalente a 480 canales de voz) o dieciséis (16) flujos de datos a 2.048 Mbps (equivalente a 30 canales de voz) entre dos estaciones.

Las frecuencias de radio para el sistema de radio digital Pasolink de 4/8/17/34 Mbps son las siguientes:

- Banda de 13 GHz: 12.75 a 13.25 GHz
- Banda de 15 GHz: 14.5 a 15.35 GHz
- Banda de 18 GHz: 17.7 a 19.7 GHz
- Banda de 23 GHz: 21.2 a 23.6 GHz
- Banda de 26 GHz: 24.5 a 26.5 GHz
- Banda de 38 GHz: 37.0 a 39.5 GHz

## Rendimiento del Pasolink:

Tabla 2.1 Rendimiento del Pasolink NEC (1/2)

ITEM	13 GHz	15 GHz	18 GHz	23 GHz	26 GHz	38 GHz	GAFIANTIZADO	
Rango de Frecuencia [GHz]	12.75-13.25	14.5-15.35	17.7-19.7	21.7-23.6	24.5-26.5	37.0-39.5		
Plan de Frecuencia de ITU-R	497-4	636-3	595-3 E.191	637-3	E.748-1	749		
Separación de Canal	3.5 MHz (4 MB) / 7 MHz (8 MB) / 14 MHz (17 MB); 13.75 MHz también para 18 GHz / 28 MHz (34 MB); 27.5 MHz también para 18 GHz							
Espaciamento RF TX/RX [MHz]	260	420 728	1008 1010	1008 1252	1008	1260		
Potencia de Salida en Puerta de Salida de ODU [dBm]	+25	+23	+23	+23	+20	+15	+1.5 dB	
Nivel de Umbral (dBm medido en la puerta de antena)								
BER=10 <sup>-3</sup>	4 MB	-90.0	-90.0	-89.0	-88.0	-87.5	-87.0	+3.0 dB
	8 MB	-87.0	-87.0	-86.0	-85.0	-84.5	-84.0	+3.0 dB
	17 MB	-84.0	-84.0	-83.0	-82.0	-81.5	-81.0	+3.0 dB
	34 MB	-81.0	-81.0	-80.0	-79.0	-78.5	-78.0	+3.0 dB
BER=10 <sup>-6</sup>	4 MB	-86.5	-86.5	-85.5	-84.5	-84.0	-83.5	+3.0 dB
	8 MB	-83.5	-83.5	-82.5	-81.5	-81.0	-80.5	+3.0 dB
	17 MB	-80.5	-80.5	-79.5	-78.5	-78.0	-77.5	+3.0 dB
	34 MB	-77.5	-77.5	-76.5	-75.5	-75.0	-74.5	+3.0 dB
Ganancia del Sistema (dBm medido en la puerta de antena)								
BER=10 <sup>-3</sup>	4 MB	111.5	109.5	108.5	107.5	104.0	98.5	-4.5 dB
	8 MB	108.5	106.5	105.5	104.5	101.0	95.5	-4.5 dB
	17 MB	105.5	103.5	102.5	101.5	98.0	92.5	-4.5 dB
	34 MB	102.5	100.5	99.5	98.5	95.0	89.5	-4.5 dB
BER=10 <sup>-6</sup>	4 MB	108.0	106.0	105.0	104.0	100.5	95.0	-4.5 dB
	8 MB	105.0	103.0	102.0	101.0	97.5	92.0	-4.5 dB
	17 MB	102.0	100.0	99.0	98.0	94.5	89.0	-4.5 dB
	34 MB	99.0	97.0	96.0	95.0	91.5	86.0	-4.5 dB

Tabla 2.2 Rendimiento del Pasolink NEC (2/2)

ITEM	13 GHz	15 GHz	18 GHz	23 GHz	26 GHz	38 GHz	GARANTIZADO
Aglilidad de Frecuencia (MHz sin cambiar filtros)	56	56	252		280		
Pérdida de BR (TX/RX)	3.5 dB						+2 dB (para 13/15/18 GHz) +1.5 dB (para 23/26/38 GHz)
Interface de Señal de Datos							
Velocidad binaria:	2.048 Mbps $\pm$ 50 ppm (Sistema 2 MB $\times$ 2/2 MB $\times$ 4/2 MB $\times$ 8/2 MB $\times$ 16)						
	8.448 Mbps $\pm$ 30 ppm (Sistema 8 MB $\times$ 1)						
	34.368 Mbps $\pm$ 20 ppm (Sistema 34 MB $\times$ 1)						
Nivel:	Cumple con la especificación de ITU-T G 703						
Formato de código:	Bipolar de Alta Densidad (3EHDB 3)						
Impedancia:	75 ohmios, desbalanceada 120 ohmios, balanceada						
Compatibilidad Electromagnética (EMC)							
• ODU/IDU:	ETS.300 385 Clase B						
Requerimiento de energía*	-20 V a -60 V (ó -20 V a -72 V) C.C. +20 V a +60 V (ó +20 V a +72 V) C.C.						
Consumo de Energía							
Sistema 4 MB	Aprox. 92 vatios (sin módulo opcional) Aprox. 103 vatios (equipado con módulo opcional)						
Sistema 8 MB	Aprox. 94 vatios (sin módulo opcional) Aprox. 105 vatios (equipado con módulo opcional)						
Sistema 17 MB	Aprox. 96 vatios (sin módulo opcional) Aprox. 107 vatios (equipado con módulo opcional)						
Sistema 34 MB	Aprox. 98 vatios (sin módulo opcional) Aprox. 110 vatios (equipado con módulo opcional)						

Para su configuración, alineamiento y mantenimiento se requiere una Laptop y conectando a través del puerto serial RS-232, ejecutar el Híper-Terminal que lo tienen todos los sistemas Operativos Windows.

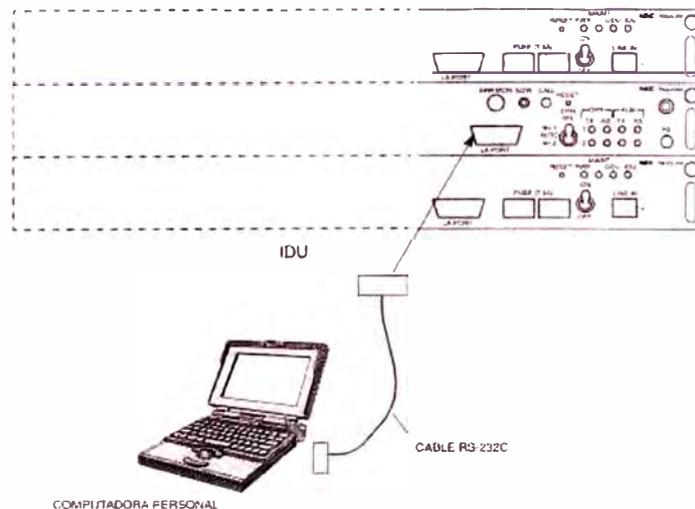


Figura 2.7 Configuración del Pasolink NEC

### c) Pasolink Neo

Es un equipo que se usa para el sistema de radio microondas digital punto a punto de 2 a 52 GHz. El uso de estas frecuencias requiere licencia del MTC.

El sistema consiste de Transmisor-Receptor (Unidad Externa – ODU) y Modulador-Demodulador (Unidad Interna – IDU), baja con cable coaxial RG-8 (máx. 100m) hasta la IDU.

Para su alimentación requiere -48VDC y un consumo de potencia máximo de 75W.

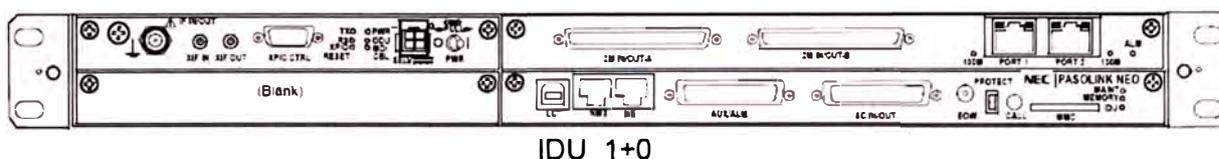


Figura 2.8 IDU del Pasolink Neo de NEC

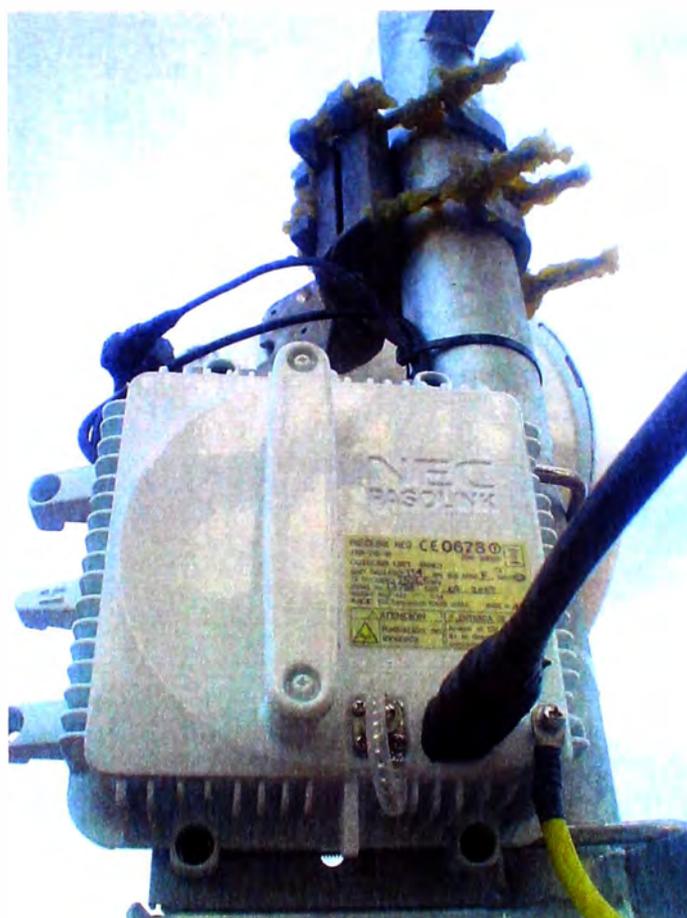


Figura 2.9 ODU del Pasolink Neo de NEC



Figura 2.10 Antena y ODU del Pasolink Neo 1+0 (11 – 52 GHz)

Los sistemas adquiridos: 16 E1s, 48E1s y 1 STM-1 tienen aplicaciones más variables que el Pasolink V4 y Microlink.

El uso del LCT se requiere para la operación local, monitoreo, control y ajuste a través del puerto serial USB.

La modulación es configurable por software: QPSK/16QAM/64QAM/128QAM

Tabla 2.3 Capacidad del Pasolink NEC

Capacidad (E1/STM-1) (Mbps)	5E1	10E1	16E1* <sup>1</sup> /20E1	40E1	48E1	STM-1
	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>155</b>
Esquema de Modulación	Separación de Canal ** (MHz)					
QPSK	7	14 (13.75)	28 (27.5)			
16QAM	3.5	7	14 (13.75)	28 (27.5)		
32QAM					28 (27.5)	
128QAM						28 (27.5)

\*1: En caso de usar tarjeta interface de 16E1

\*2: 13.75 o 27.5 MHz es solo aplicado para 18GHz

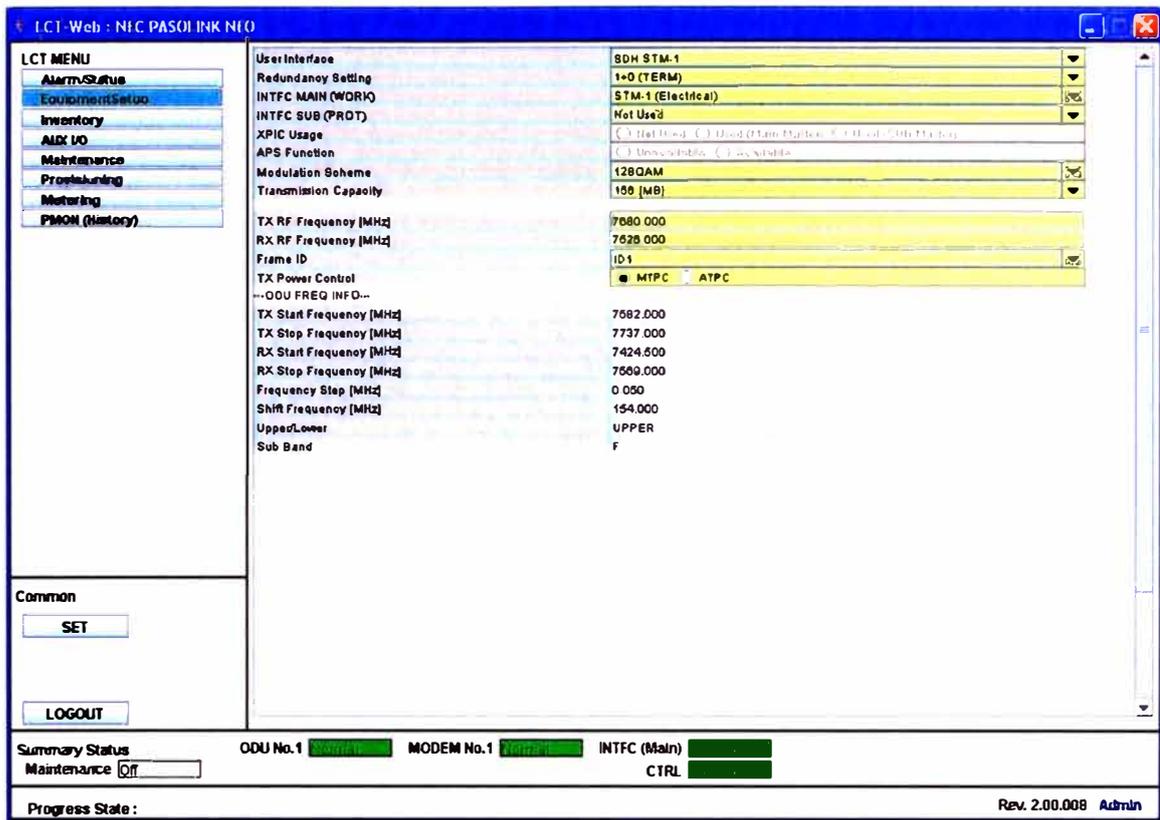


Figura 2.11 Configuración de un STM-1 con el LCT Pasolink Neo

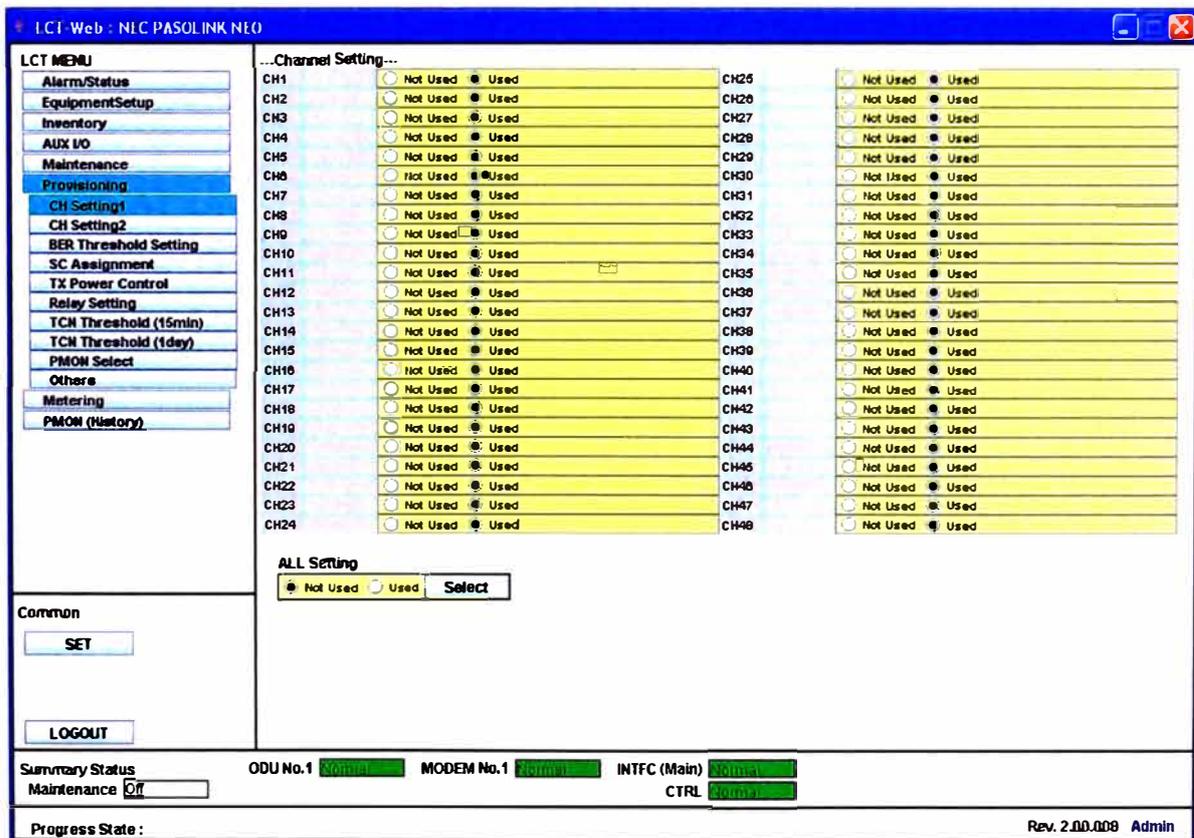


Figura 2.12 Configuración 48E1s con el LCT Pasolink Neo

#### d) Minilink Ericsson

Su operación y funcionamiento es bastante similar al Pasolink V4, es un equipo que se usa para el sistema de radio microondas digital punto a punto de 13/15/18/23/26/38 GHz. El uso de estas frecuencias requiere licencia del MTC.

El sistema consiste de Transmisor-Receptor (Unidad Externa – ODU) y Modulador-Demodulador (Unidad Interna – IDU), baja con cable coaxial RG-8 (máx. 100m) hasta la IDU.

Para su alimentación requiere -48VDC y consumo máximo de 80W.

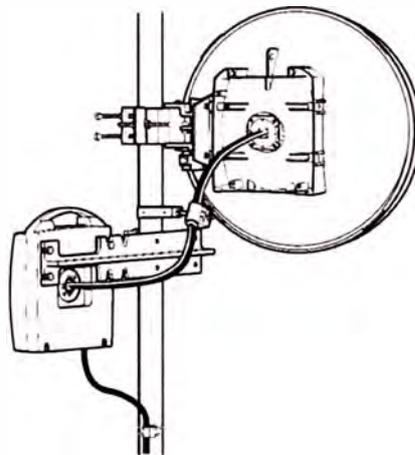


Figura 2.13 Montaje de ODU y Antena del Minilink Ericsson

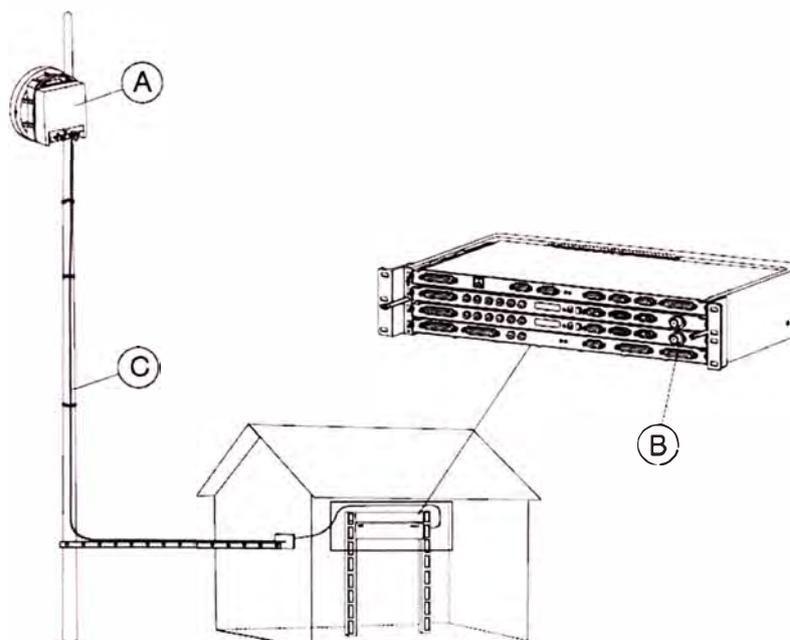


Figura 2.14 Unidad ODU y IDU del Minilink Ericsson

Parte A: Outdoor

Parte B: Indoor, usado para las diferentes frecuencias y configuraciones. Consiste de una unidad modem, y se puede instalar de manera opcional una unidad multiplexora.

Estas unidades son montadas en un Rack de 19", (Figura 2.15).

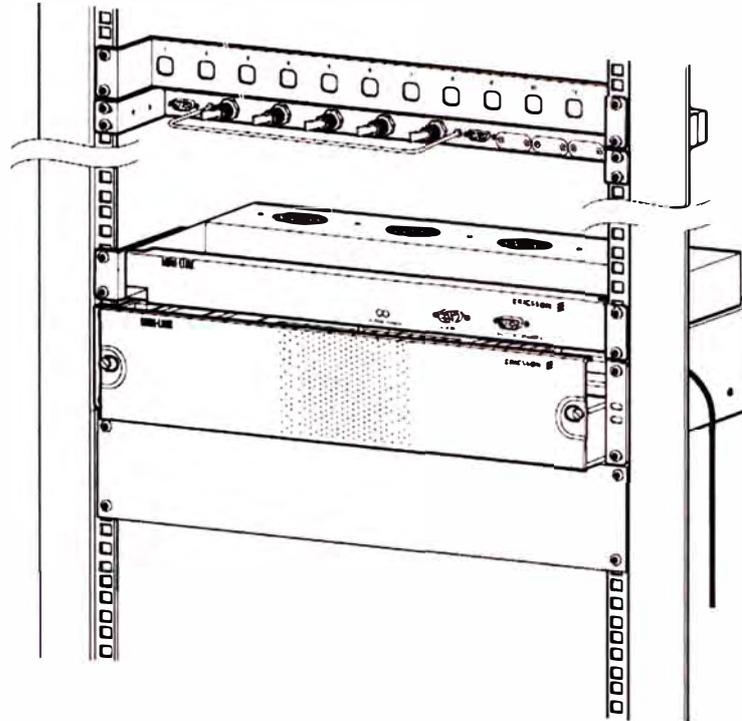


Figura 2.15 Rack de 19". Montaje de Minilink Ericsson Indoor

El programa de interfase para la operación local, monitoreo, control y ajuste a través del puerto serial es proporcionado por el fabricante (MSM Software).

Para la modulación C-QPSK, Minilink Ericsson recomienda diferentes MMU (Indoor) según la velocidad de enlace que se requiera:

- MMU 2x2 : Para 2x2 Mbps
- MMU 2x2/8 : Para 4x2 o 8 Mbps (incluido un Mux 2/8)
- MMU 2x8 : Para 2x8 Mbps
- MMU 34+2 : Para 34+2 Mbps

Para la modulación 16QAM, Minilink Ericsson requiere MMU (Indoor) 2x8/16 para 2x8/16 Mbit/s.

El equipo utilizado es con MMU 2x16, es decir, se adquirió equipos para enlazar 2x16 Mbps.

Ejemplo de instalación de un enlace para la EBC Tacaymano - Mangamarca: Se verifico que se tiene línea de vista desde la azotea del edificio Capeco (Centro de Lima)



Sala de Equipos

Figura 2.16 Izquierda, Vista de Capeco Outdoor. Derecha, vista de equipo Indoor



EBC Tacaymano - Mangamarca

Figura 2.17 Izquierda, Vista de Estación Tacaymano. Derecha, vista de equipo Outdoor.

Configuración con software de propietario (MSM Software):

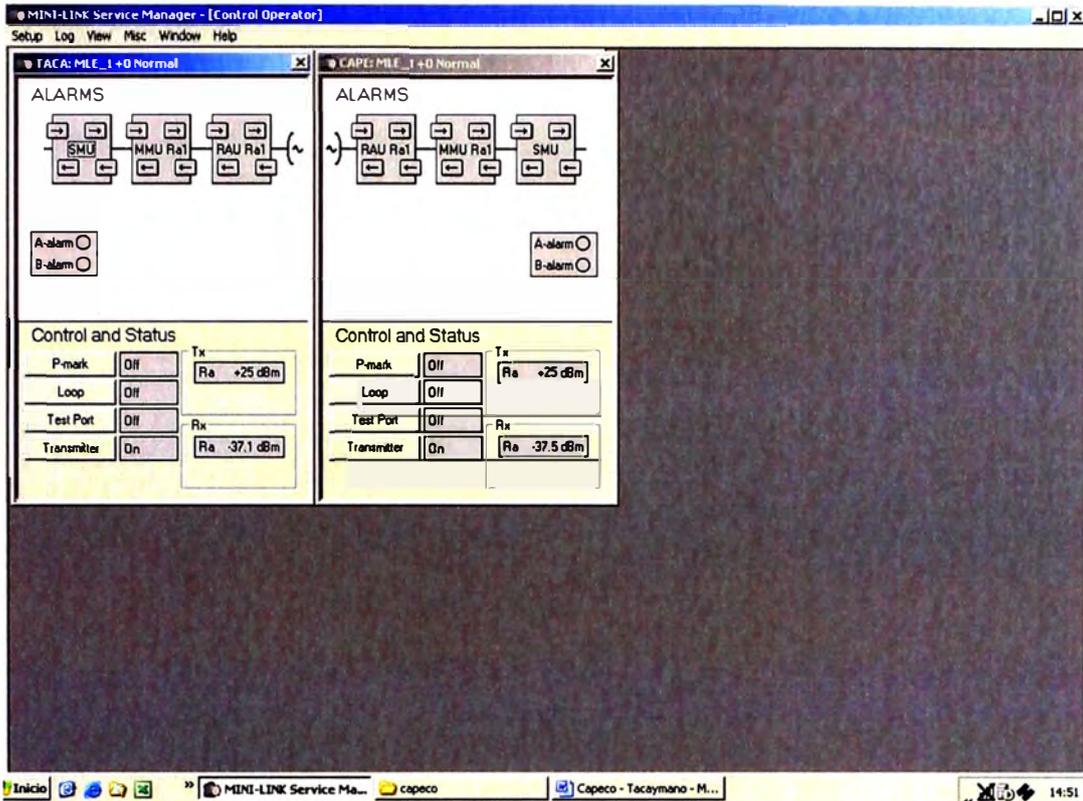


Figura 2.18 Verificación del Apuntamiento de las Antenas.

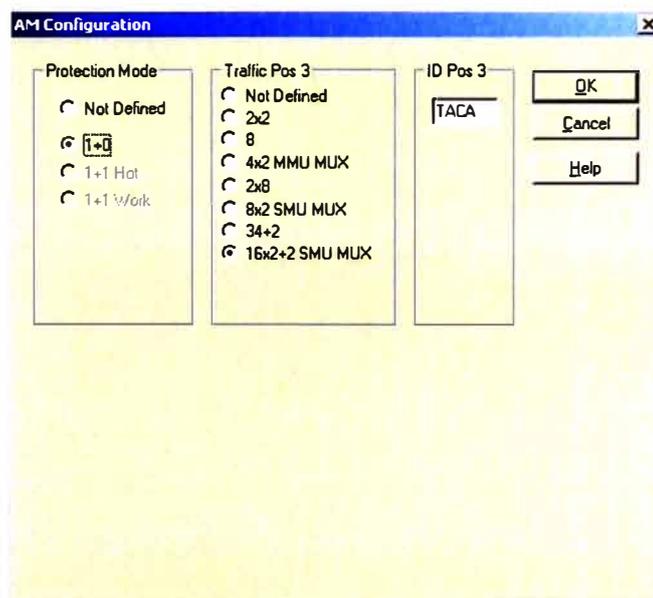


Figura 2.19 Configuración 1+0 y 2x16 Mbps.

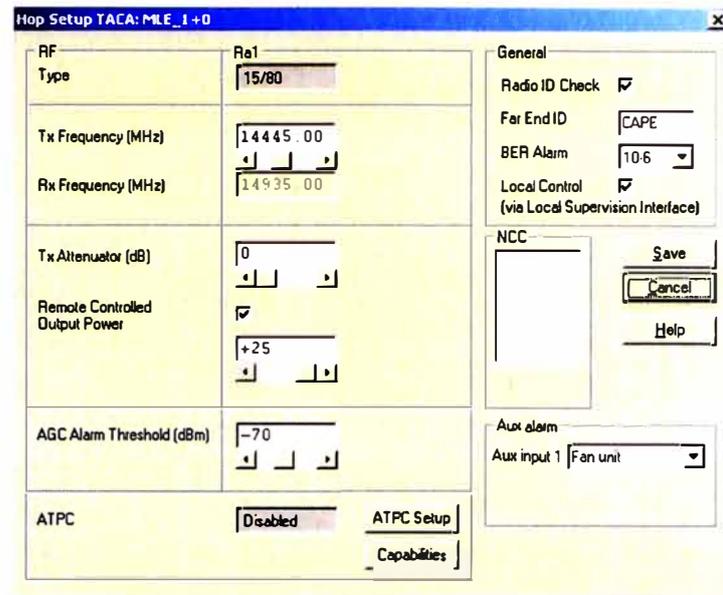


Figura 2.20 Configuración Frecuencia de Trasmisión: Banda de 15GHz.

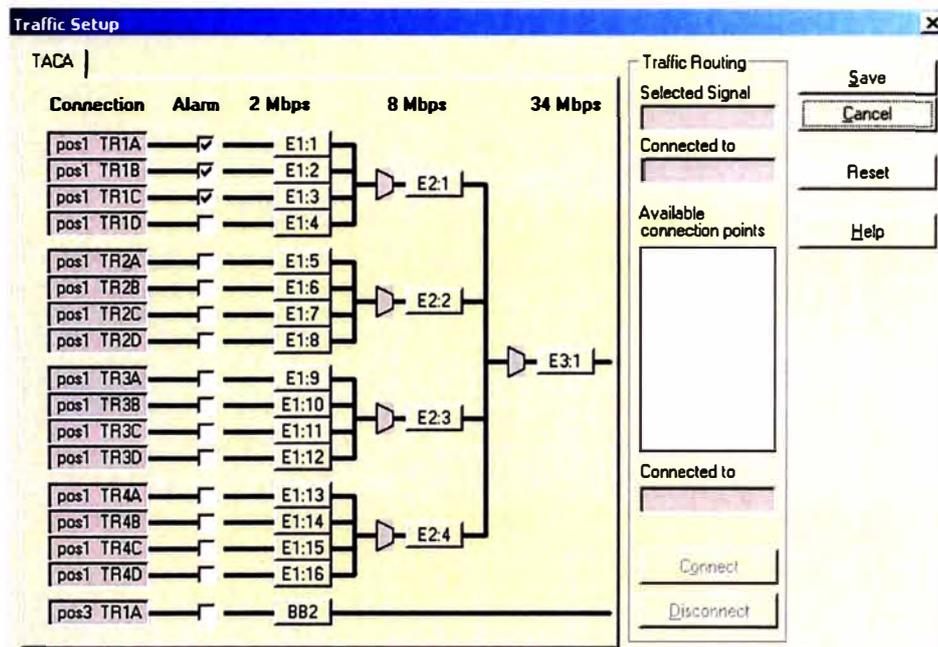


Figura 2.21 Habilitación de 3 tributarios (3E1) para EBC Tacaymano.

### e) DMR 2000S

Es un equipo que se usa para el sistema de radio microondas digital punto a punto, que opera en la banda de frecuencia de 4 a 11GHz con modulación de amplitud en cuadratura de 64 o 128QAM. El uso de estas frecuencias requiere licencia del MTC.

El sistema consiste de:

Parte Externa: Antena, Trasducer, Guía de Onda y

Parte Interna: BR CKT (Branching Circuit), TRP y MDP.



Figura 2.22 Izquierda: Vista de la parte externa del Sistema 2000S, Derecha, Vista de la parte interna del sistema 2000S (Sistema 2+1)

Tanto el TRP y el MDP se encuentran en un Bastidor ETSI Rack de 2.2m de altura y un peso máximo aproximado de 340Kg.

Para su alimentación de voltaje se requiere de -48VDC y consumo de potencia máxima aproximada de 350W.

Permite realizar enlaces de microondas SDH STM-1 Sistema N+1 y con diversidad de espacio.

Para la configuración se requiere del software de propietario LCT para SDH 2000 con interfase serial RS-232.

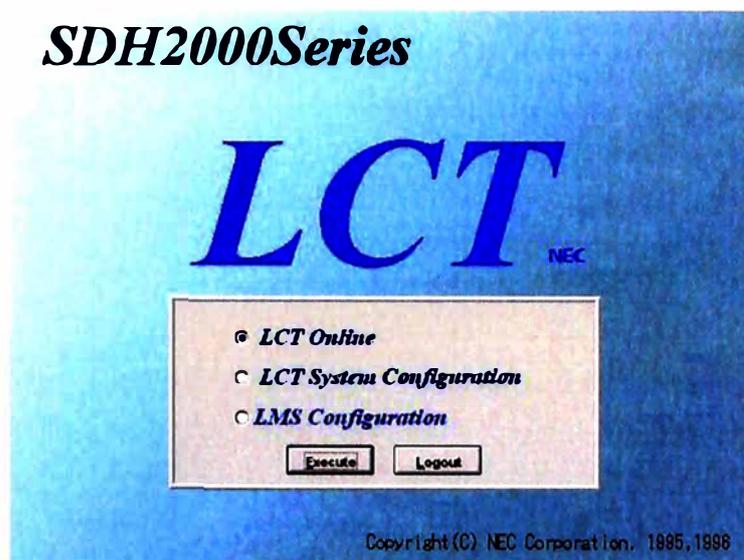


Figura 2.23 LCT para SDH 2000S

Dentro de sus aplicaciones permite realizar enlaces de microondas punto a punto para transportar hasta ocho STM-1 y pueden adaptarse interfaces ópticas en los STM-1 según convenga, como por ejemplo para enlazar ADM con interfase óptico.

## f) DMR 3000S

Mas compacto que el DMR 2000s, es un equipo que se usa para el sistema de radio microondas digital punto a punto, que opera en la banda de frecuencia de 4 a 11GHz con modulación de amplitud en cuadratura de 64 o 128QAM. El uso de estas frecuencias requiere licencia del MTC.

El sistema consiste de:

Parte Externa: Antena, Trasducer, Guía de Onda y

Parte Interna: BR CKT (Branching Circuit), TRP y MDP.



Figura 2.24 Izquierda: Vista de la parte externa del Sistema 3000S,  
Derecha, Vista de la parte interna del sistema 3000S (Sistema 4+1)

Tanto el TRP y el MDP se encuentran en un Bastidor ETSI Rack de 2.2m de altura y un peso máximo aproximado de 290Kg.

Para su alimentación de voltaje se requiere de -48VDC y consumo de potencia máxima aproximada de 315W.

Permite realizar enlaces de microondas SDH STM-1 Sistema N+1 y con diversidad de espacio.

Para la configuración se requiere del software de propietario LCT para SDH 3000 con interfase serial RS-232.

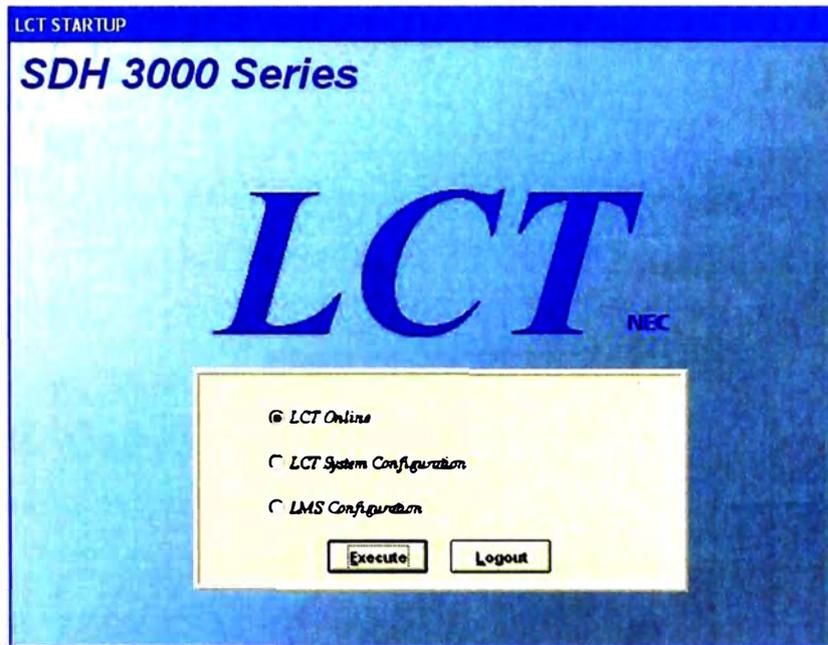


Figura 2.25 LCT para SDH 3000S

Dentro de sus aplicaciones permite realizar enlaces de microondas punto a punto para transportar hasta ocho STM-1 y pueden adaptarse interfaces ópticas en los STM-1 según convenga, como por ejemplo para enlazar ADM con interfase óptico.

Es con este equipo que se explicara en los capítulos siguientes la Implementación y Puesta en Servicio del enlace de Microondas Sistema N+1 como parte de mi experiencia profesional.

## **CAPITULO III**

### **EL RADIO DE MICROONDAS DMR 3000S**

#### **3.1 Descripción General**

##### **3.1.1 Objetivo y uso**

El Radio de Microondas 3000S es diseñado para transmisión de larga distancia de señales del modulo de transporte síncrono 1 (STM-1) o señales OC-3. Tiene una capacidad de transmisión de 155.52 Mbps. Opera en las bandas de radiofrecuencia de 4, 5, 6, 7, 8 y 11Ghz, utilizando la modulación de amplitud en cuadratura de 64 o 128QAM.

##### **3.1.2 Información de Seguridad**

Debido a que el equipo es del tipo interior, no se debe instalar en una zona que pueda ser dañado por la influencia de aire-sal, arena-polvo, gas de acido sulfúrico, etc.

Si el equipo será instalado necesariamente en tal localización, se tendrá que tener en consideración lo siguiente:

- a) La construcción del Cuarto de equipos. Instalar el equipo en un cuarto hermético o contenedor donde no pueda sufrir por la influencia externa mencionada arriba.
- b) Impacto de Temperatura Ambiental para el equipo. En el cuarto hermético, puede ocurrir la elevación de temperatura con la operación del equipo.

Se debe proveer aire acondicionado para uso industrial de acuerdo con la situación.

Para evitar la degradación del comportamiento o interrupción de la señal, tomar las siguientes precauciones:

- Después de encender el equipo (poner a ON), espere por lo menos 5 segundos o mas antes de colocarlo a OFF otra vez. Colocando repetidamente la alimentación a ON y OFF dentro de un intervalo corto de tiempo, puede ocasionar que el equipo falle.
- El personal que da servicio al equipo debe tomar las precauciones necesarias para evitar errores de bits o causar daño a los módulos debido a una descarga electrostática. Usar una pulsera conductiva conectada al receptáculo de tierra en el

frente del bastidor del equipo, para minimizar la estática creada durante el servicio. (Ver Figura 3.1)

- El equipo TRP y MDP obtiene alimentación de los módulos comunes DC-DC CONV. Cuando los Módulos en el equipo TRP y MDP que son comúnmente usados para todos los canales obtiene alimentación desde un par de módulos DC-DC CONV. El Personal de mantenimiento que necesita prender o apagar la alimentación debe tener pleno conocimiento del equipo y de las fuentes de alimentación del sistema.
- No se debe apagar la fuente de alimentación cuando se esta reemplazando el modulo CTRL o el modulo RMCI. Si se apaga la fuente, se puede causar interrupción del sistema SDH, cuando el programa del sistema se esta cargando hacia los módulos CTRL o RMCI.

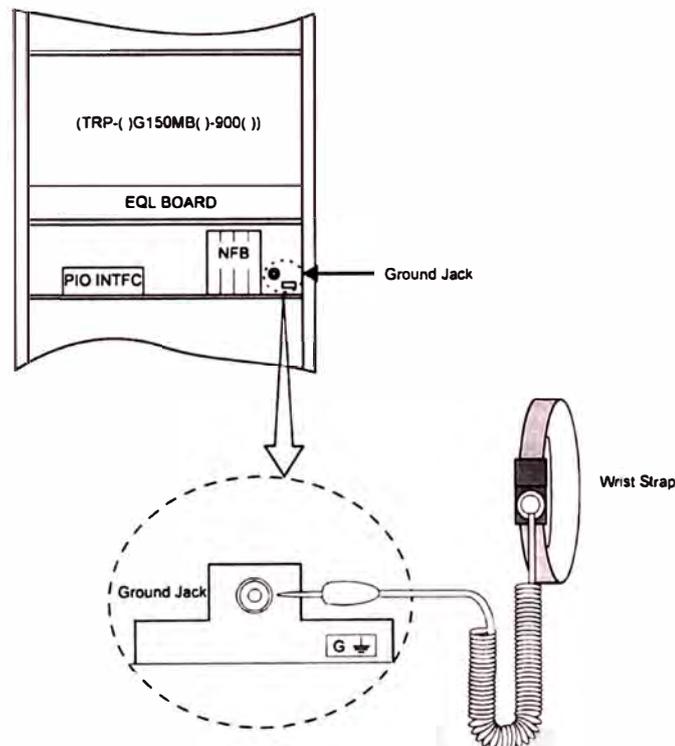


Figura 3.1 Vista del Esquema de Pulsera de Tierra

- Para mantener EMC (Compatibilidad Electro Magnética), solamente cables blindados deben ser usados al conectar el equipo de radio de microondas SDH con equipos del cliente.

- Como el modulo CLK suministra la señal de reloj para todo el sistema, se debe tener extremo cuidado para evitar interrupción total del sistema completo debido a la operación inapropiada del modulo CLK.
- La operación de la descarga de la base de datos es solamente necesaria cuando el modulo CTRL y el modulo RMCI son reemplazados.
- EL ajuste del retardo es necesario cuando los módulos 140M, 150M o OPT INTFC son reemplazados. La interrupción de la señal simultánea puede ocurrir en los canales correspondientes durante el proceso de ajuste del retardo.
- Antes de realizar pruebas de DMR que requieren operación en el modulo 150M o OPT INTFC, el tráfico en el canal a ser probado debe ser conmutado al canal de protección para evitar la interrupción del tráfico.
- No apague los NFBs de la fuente de alimentación para PROT CH y REG CH simultáneamente, el hacer esto, puede causar interrupción al sistema.
- Al conectar o desconectar el cable de IF del equipo, no utilizar herramienta alguna, usar solamente los dedos de la mano y no insertar/extraer oblicuamente el conector de cable al receptáculo para evitar dañar el conector. (Figura 3.2)

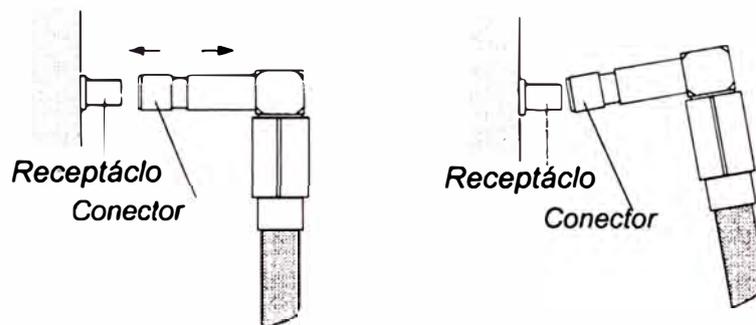


Figura 3.2

### 3.1.3 Configuración del Sistema

El DMR SDH 3000S consiste del Transmisor-Receptor TRP-[ ]G150MB[ ]-900[ ] y el Modulador-Demodulador MDP-150MB[ ]T-900C. La estación repetidora regenerativa consiste del Transmisor-Receptor TRP-[ ]G150MB[ ]-900[ ] y el Modulador -150MB[ ]R-900C. Las funciones de Operación, Administración, Mantenimiento y el Aprovechamiento (OAM&P) y un canal de servicio son incorporadas en el equipo MDP.

La configuración del sistema del equipo DMR SDH 3000S es mostrada en la Tabla 3.1 y el esquema del bastidor es ilustrado en la Figura 3.3

Tabla 3.1 Configuración del Sistema

Tipo de Equipo	Nombre del Equipo
3000S SDH MICROWAVE RADIO	
BR-[*]G-3000	Circuito de Ramificación de RF
TRP-[*]G150MB[*]-900[ ]	Equipo Transmisor-Receptor
MDP-150MB[*]T/R-900C	Equipo Modulador-Demodulador

Notas: \* Depende de la banda de frecuencia o el sistema de modulación.

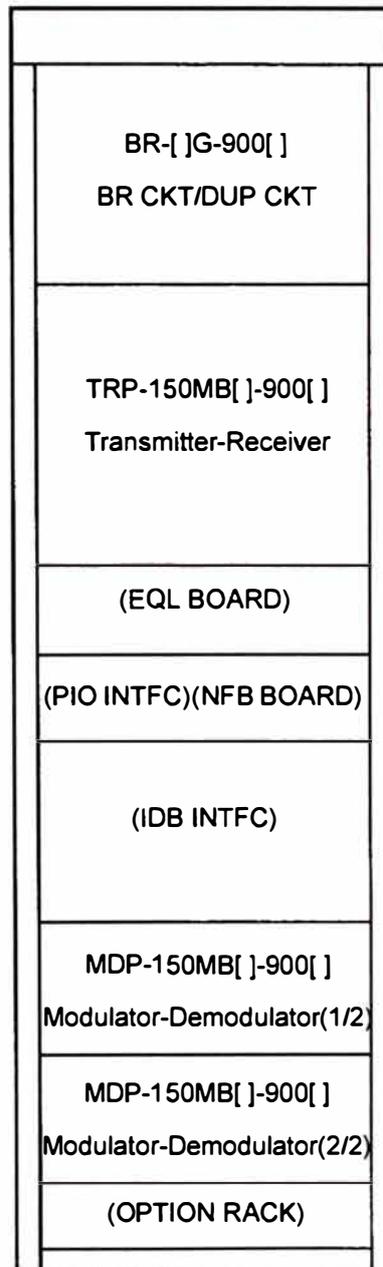
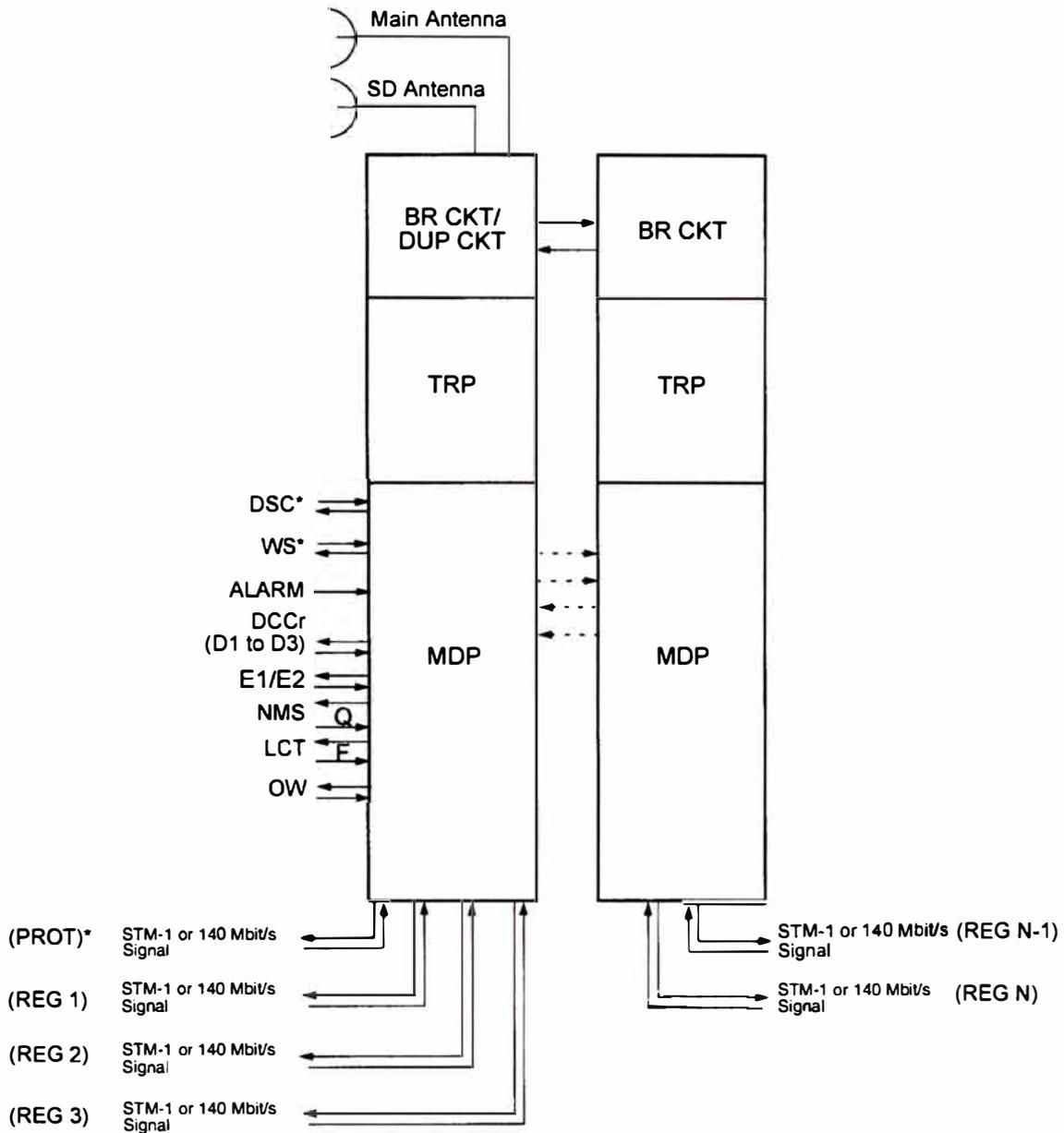


Figura 3.3

Vista del Esquema del Radio de Microondas SDH 3000S

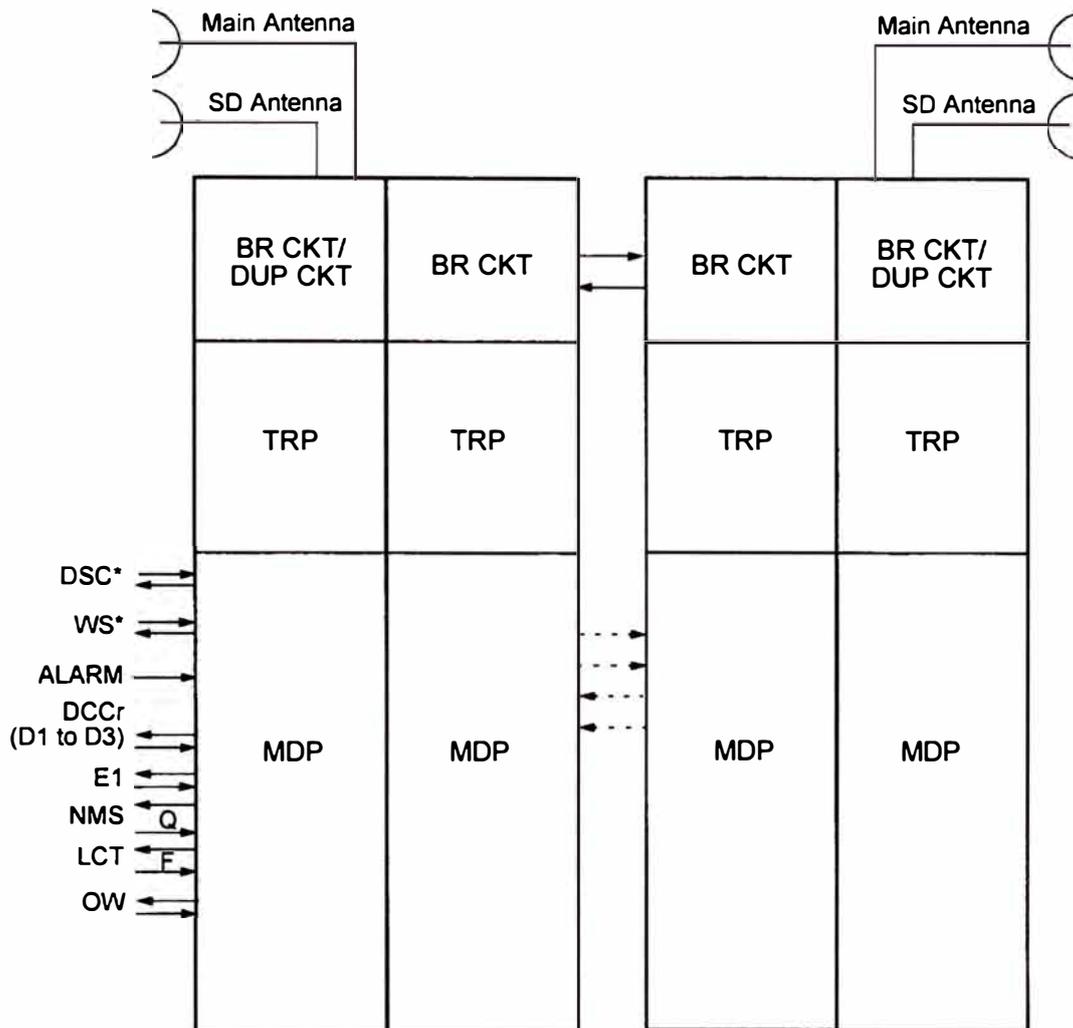
### 3.1.4 Diagrama de Bloques del Sistema.

A continuación se muestra el diagrama de bloques del sistema y diagramas de la configuración del equipo para el terminal y el repetidor regenerativo.



- DCCr : Canal de comunicación de datos para las secciones regeneradoras
- E1 : Byte RSOH para el canal de servicio
- E2 : Byte MSOH para el canal de servicio
- DSC : Canal de Servicio Digital
- LCT : Terminal Local de Mantenimiento
- NMS : Sistema de Administración de Red
- OW : Canal de Servicio
- Q, F : Interfaz Estándar para Propósitos de Supervisión y Control
- SD : Diversidad de Espacio
- WS : Wayside (Tráfico Lateral) 2 Mbit/s o 1.5 Mbit/s
- \* : Opcional

Figura 3.4 Diagrama de Bloques del Sistema Tipo Terminal N+1



- DCCr : Canal de comunicación de datos para las secciones regeneradoras
- E1 : Byte RSOH para el canal de servicio
- DSC : Canal de Servicio Digital
- LCT : Terminal Local de Mantenimiento
- NMS : Sistema de Administración de Red
- OW : Canal de Servicio
- Q, F : Interfaz Estándar para Propósitos de Supervisión y Control
- SD : Diversidad de Espacio
- WS : Wayside (Tráfico Lateral) 2 Mbit/s o 1.5 Mbit/s
- \* : Opcional

Figura 3.5 Diagrama de Bloques del Sistema Repetidor Regenerativo Tipo N+1

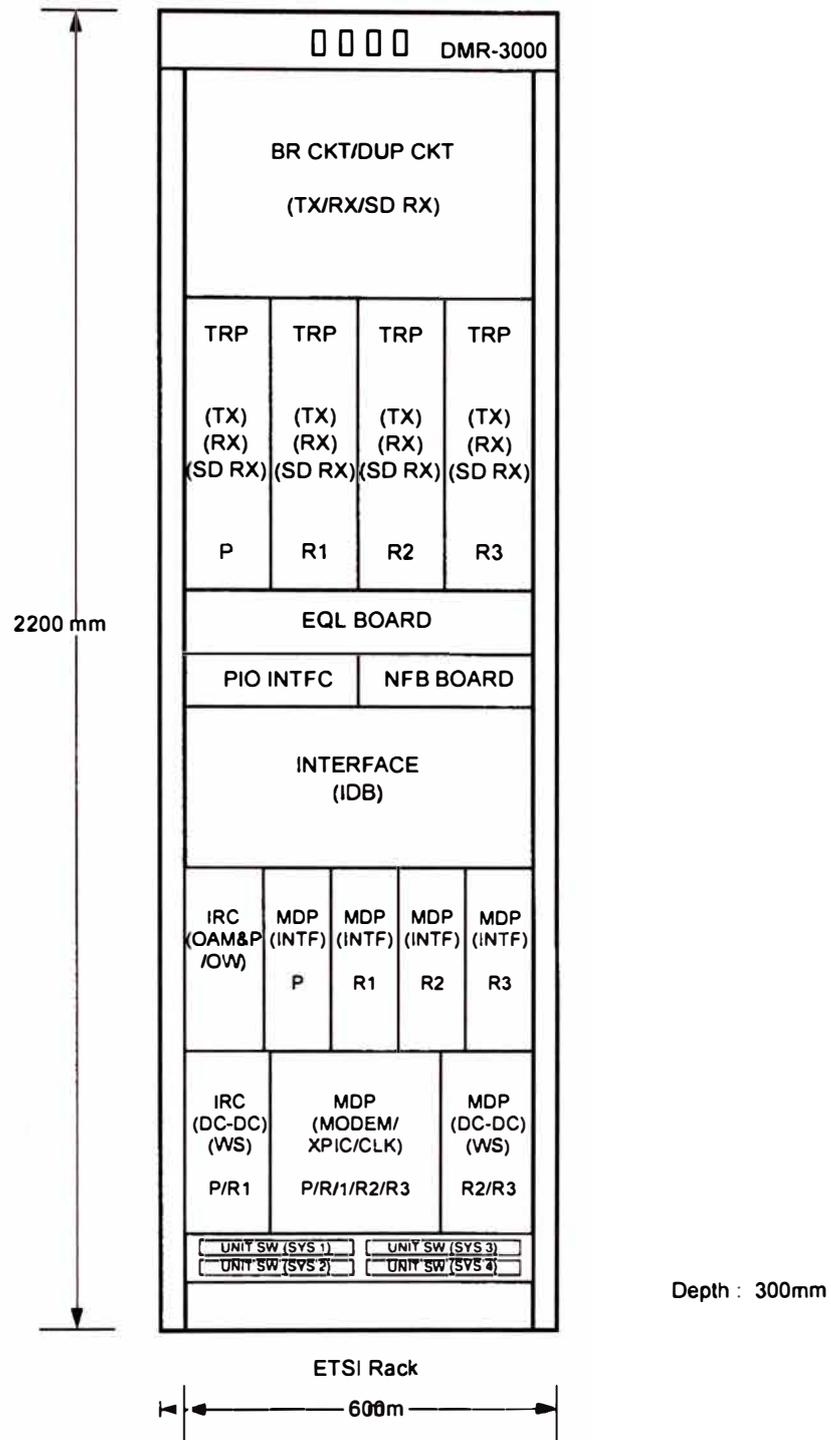
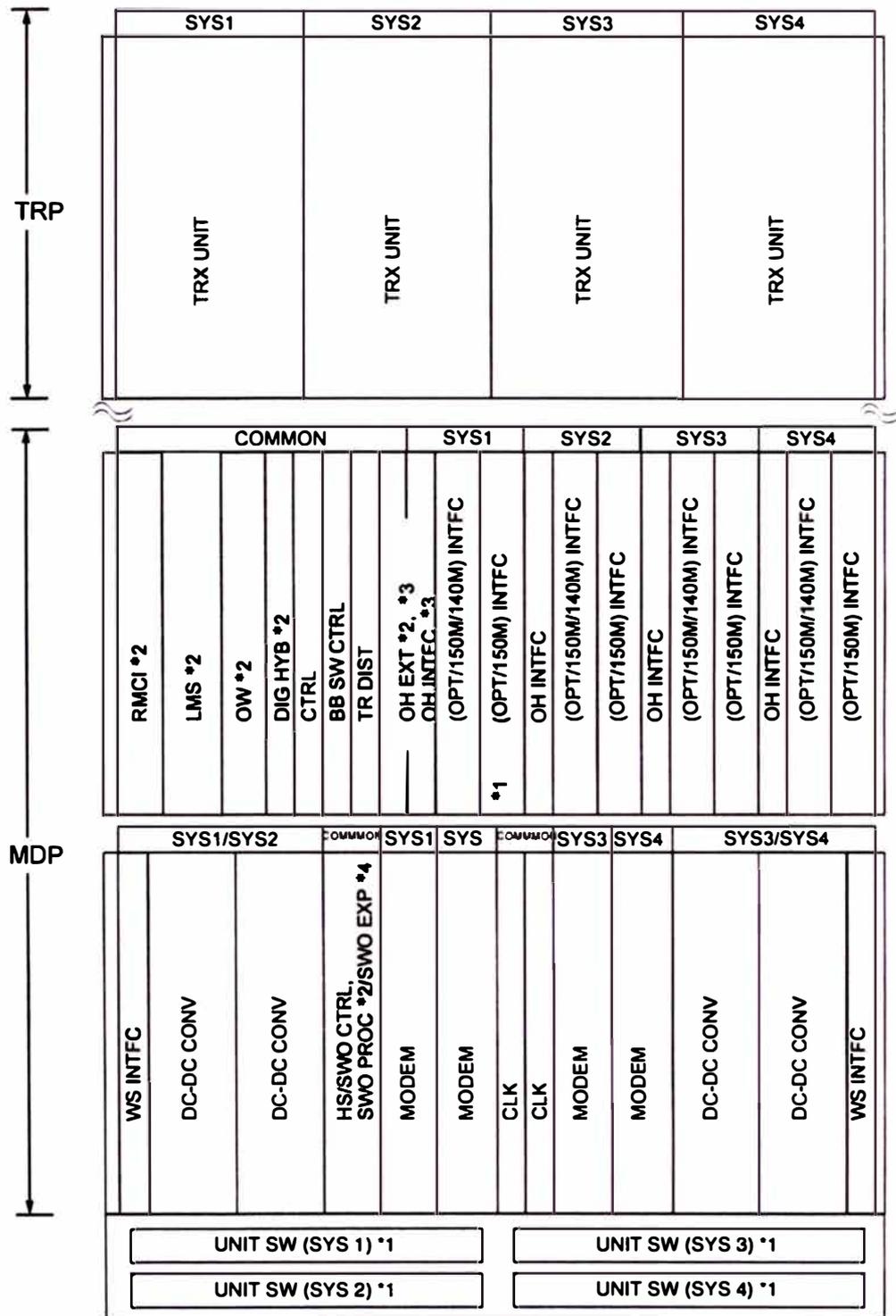
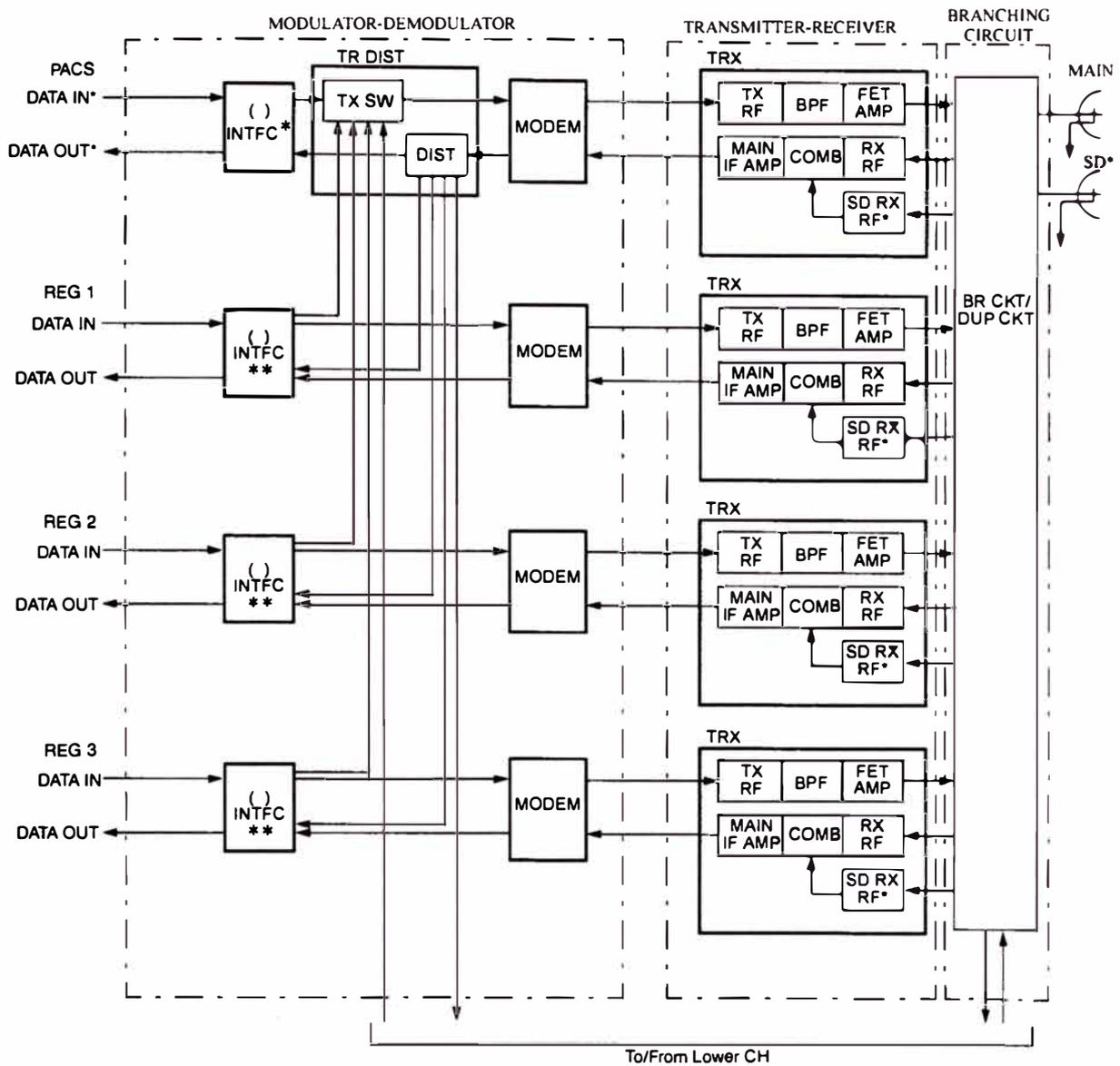


Figura 3.6 Configuración del Equipo para un sistema 3+1



- : Opcional
- \*1 : No se aplica para PROT CH
- \*2 : Solamente se aplica para el Bastidor 1
- \*3 : Ya sea OH EXT o OH INTFC se aplica en esta posición.
- \*4 : Solamente se aplica para Bastidores 2 y 3.

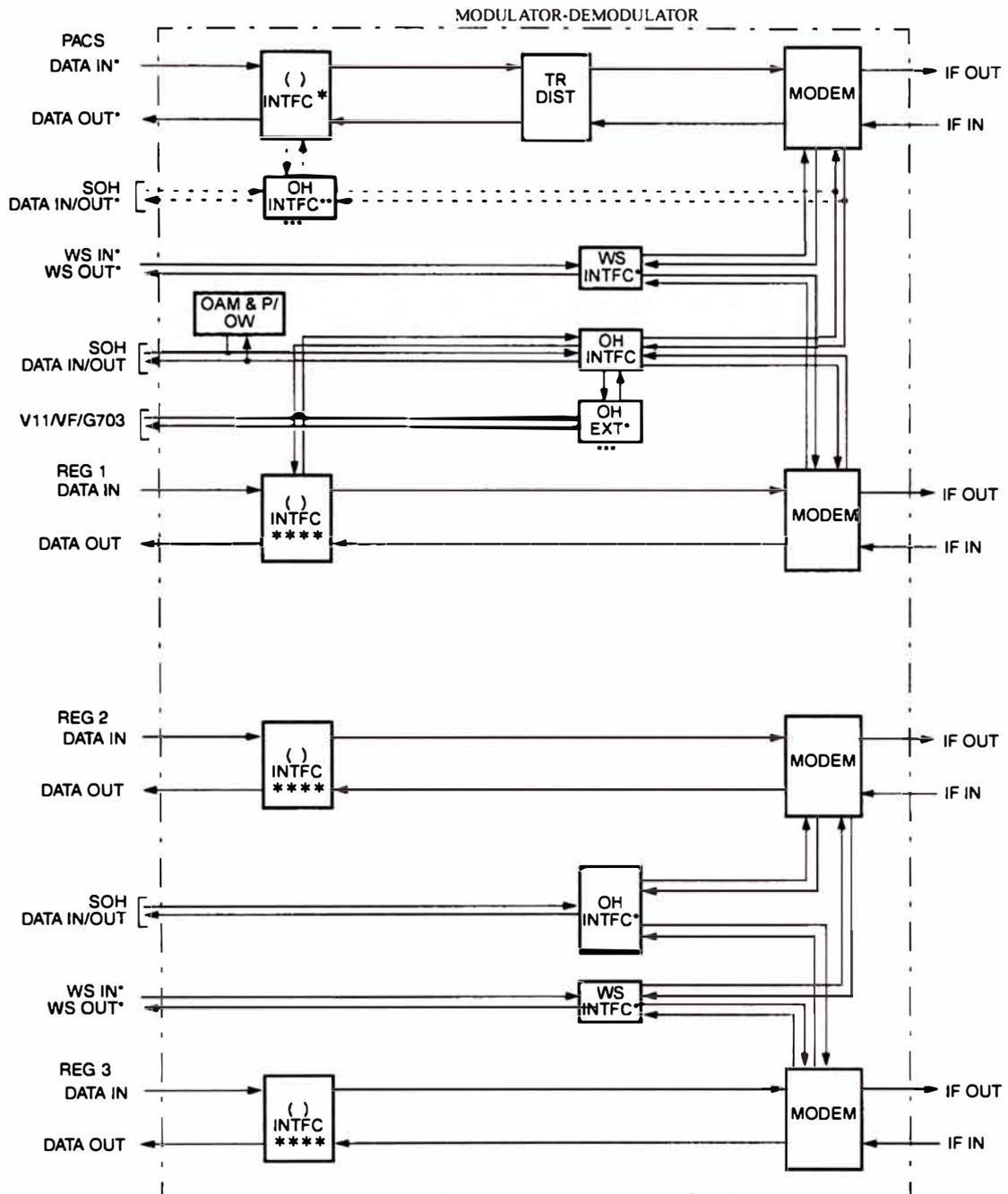
Figura 3.7 Composición del Equipo DMR SDH 3000S



Nota: \* Opcional

\*\* ( ) INTFC significa 140M, 150M u OPT INTFC.

Figura 3.8 Diagrama de Bloques de Estación Terminal con Interfaz 140M, 150M y OPT (Sistema 3+1 con SD).



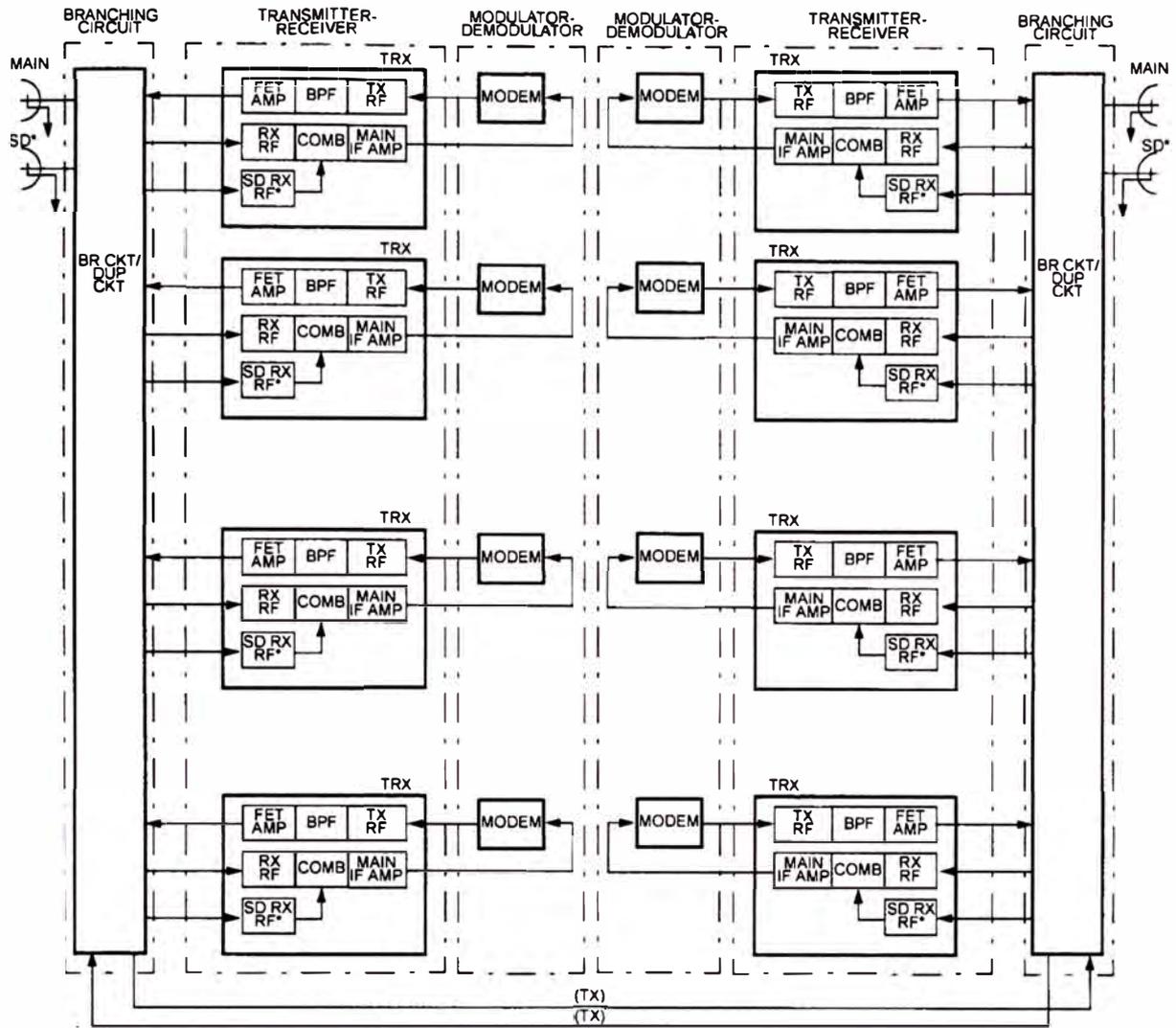
Nota: \* Opcional

\*\* El módulo OH INTFC para PROT CH es soportado solamente en el modo SOH 1+0.

\*\*\* Ya sea OH EXT o OH INTFC puede ser usada.

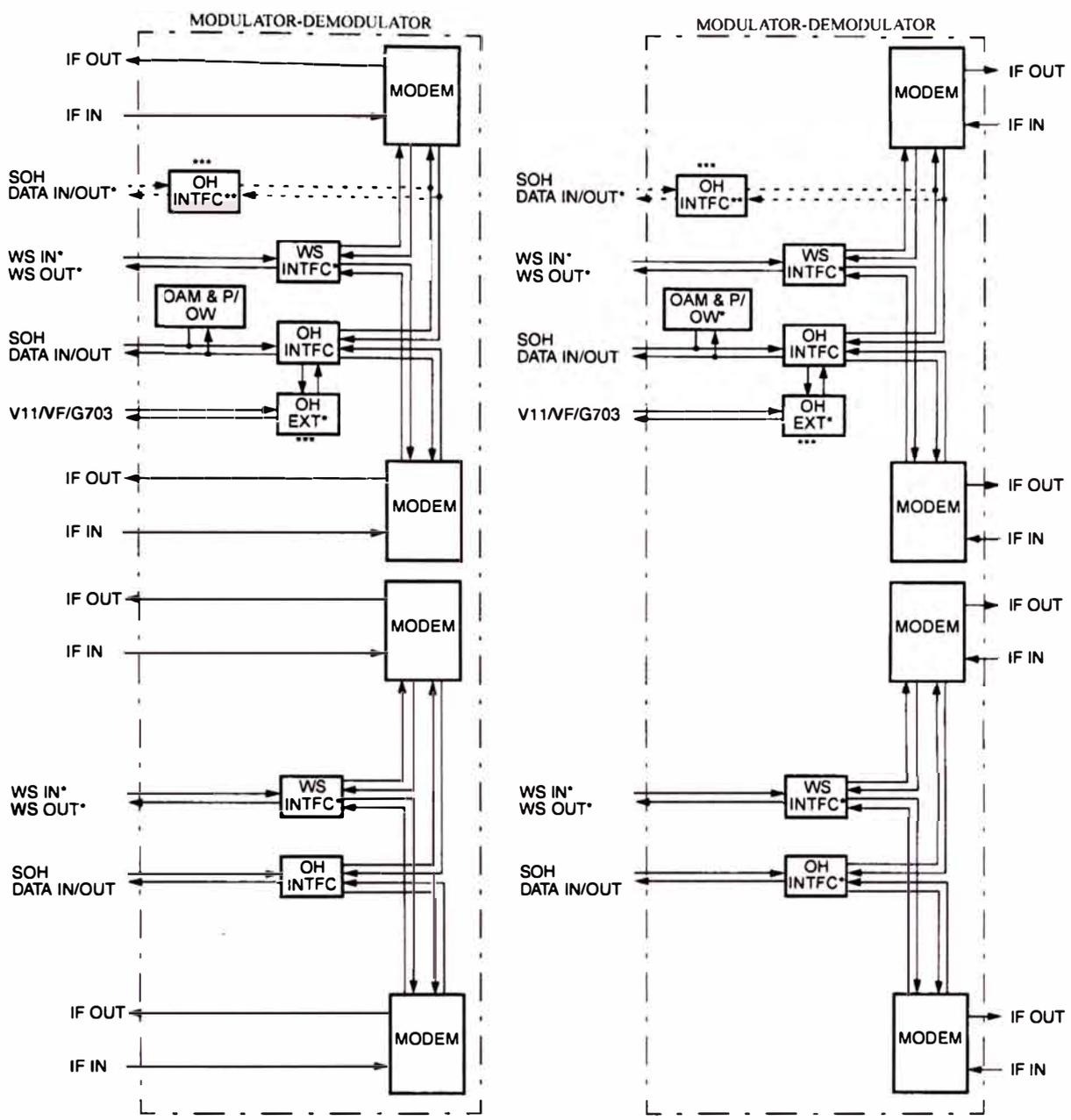
\*\*\*\* ( )INTFC significa 140M, 150M u OPT INTFC.

Figura 3.9 Diagrama de Bloques de Estación Terminal para SOH, DSC, WS (Sistema 3+1)



Nota: \* Opcional

Figura 3.10 Diagrama de Bloques de Estación Repetidora (Sistema 3+1 con SD)

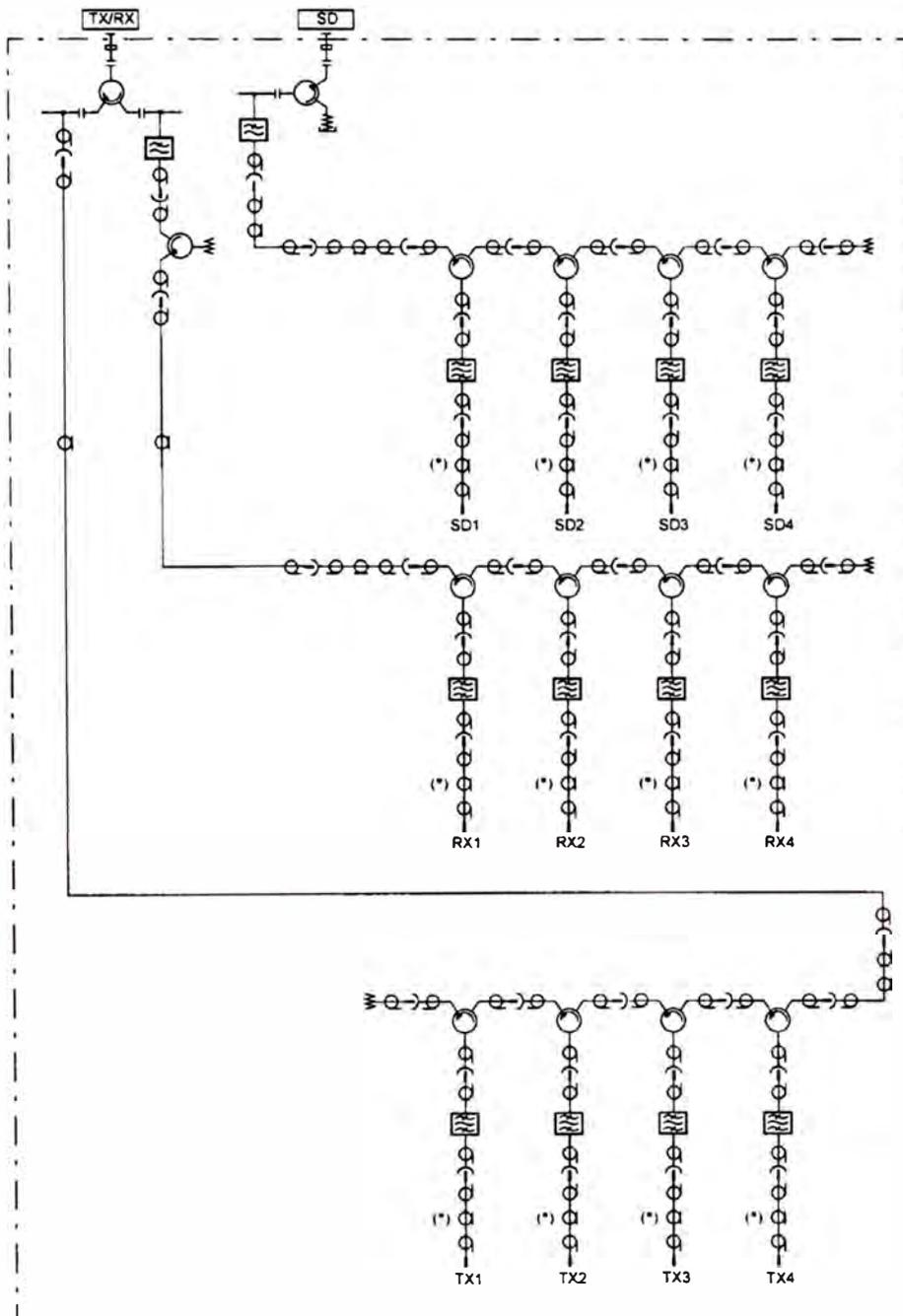


*Nota: \* Opcional  
 \*\* El módulo OH INTFC para PROT CH es soportado solamente en el modo SOH 1+0.  
 \*\*\* Ya sea OH EXT o OH INTFC puede ser usada.*

Figura 3.11 Diagrama de Bloques de Estación Repetidora para SOH, DSC, WS (Sistema 3+1)

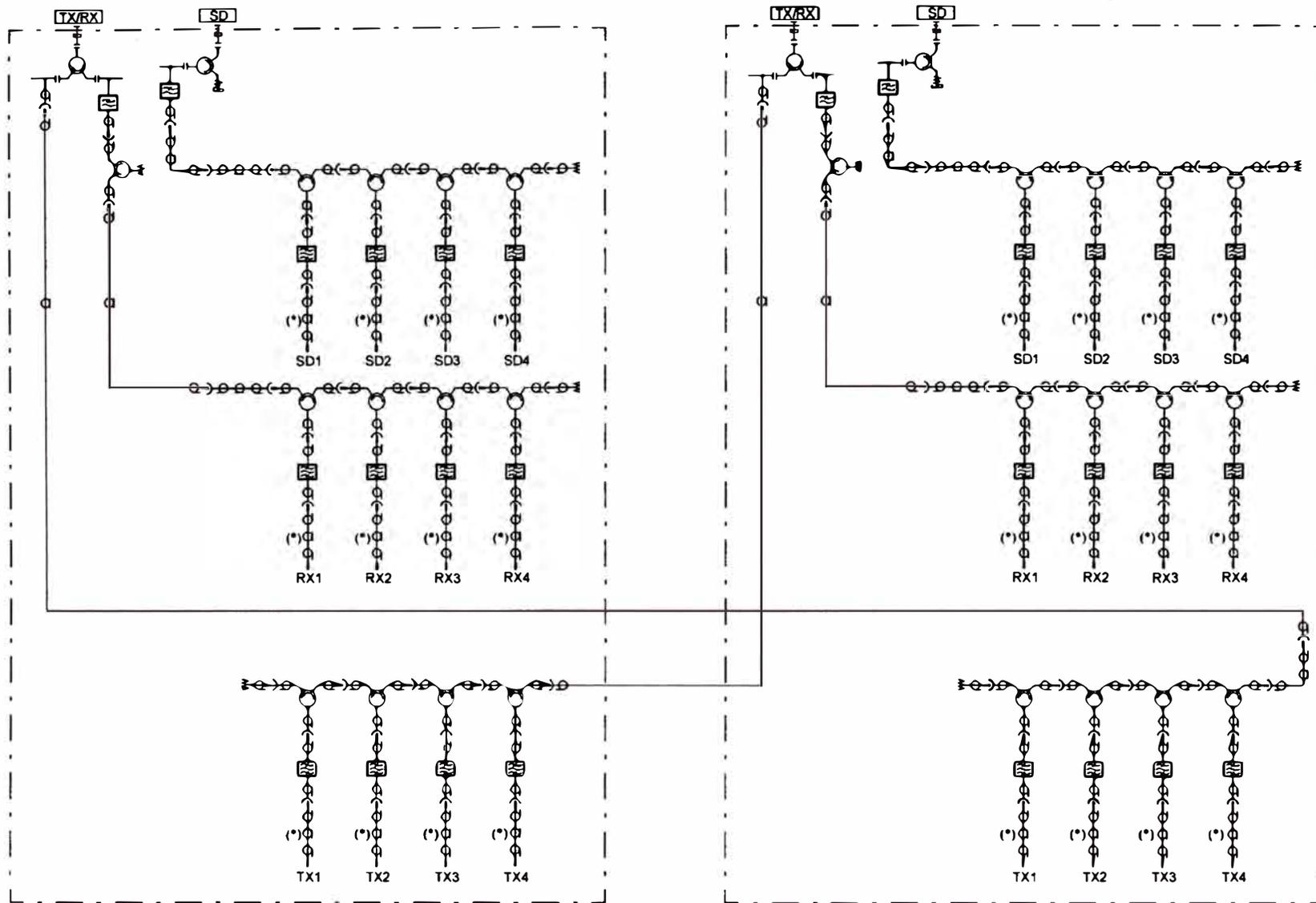
### 3.1.5 BR CKT y Duplexor

El diagrama esquemático del Circuito de Ramificación (BR CKT) es mostrado en la Figura 3.12 y 3.13. Para operación en las bandas de frecuencias de 5GHz, L6GHz, U6GHz o 7GHz, un Filtro de Eliminación de Banda (BEF) es conectado en el canal de RF apropiado (dependiendo del arreglo de frecuencia de RF), en serie con cada filtro Pasa banda (BPF) en las trayectorias de las TX, RX, y SD.



*Nota (\*): Para operación en la banda de 5 GHz, L6/U6GHz o 7 GHz, el BEF puede ser instalado en las posiciones marcadas con un (\*), depende de la frecuencia del CH RF.*

Fig. 3.12 BR CKT Tipo de Guía de Onda para Terminal N+1 (4RF CH)



Nota (\*): Para operación en la banda de 5 GHz, L6/U6GHz o 7 GHz, el BEF puede ser instalado en las posiciones marcadas con un (\*), depende de la frecuencia del CH RF

Figura 3.13 BR CKT Tipo Guía de Onda para el Repetidor N+1 (4RFCH)

### 3.2 Operación Funcional

Obsérvese en la Tabla 3.1, el Menú del Sistema para los sistemas SDH aplicables soportados por el equipo DMR 3000S NEC.

Tabla 3.1 Menú del Sistema

		L4 GHz	U4 GHz	5 GHz	L6 GHz	U6 GHz	7.5 GHz	8 GHz	11 GHz
Esquema de Modulación	64QAM	√	-	√	-	√	-	√	√
	128QAM	-	√	√	√	-	√	√	-
Potencia de TX*1	+33 dBm	√	-	√	-	√	-	√	-
	+30 dBm	√	-	√	-	√	-	√	√
	+32 dBm	-	√	-	√	-	√	√	-
	+29 dBm	-	√	-	√	-	√	√	-

Notas:

\*1): Nivel nominal sin operación del ATPC. El nivel máximo con operación de ATPC es +2dB mas alto que el nivel especificado en la Tabla 3.1.

Tipo	: Terminal o Repetidor Regenerativo
Terminación SOH	: Modo MST o Modo RST (Solamente para el modo 150M del tipo terminal)
Interfaz de Banda Base	: STM-1 Óptica, STM-1 Eléctrica.
Entrada de Alimentación DC	: - 24 V DC (-20 V a -35V) - 48 V DC (-36 V a -72 V) +24 V DC (+20 V a +35 V) o +48 V DC (+36 V a +72 V)
Transmisión de Wayside (Lateral)	: 2x2MB o 2x1.5MB para 64QAM, 1x2MB o 2x1.5MB para 128QAM
Sistema de Diversidad	: FD, FD+SD, HS+SD
Sistema 1+1	: HS/HS, Twin Path

#### 3.2.1 Comportamiento y Características

Las especificaciones del DMR SDH 3000S son listadas en las Tablas 3.2 y 3.3

Tabla 3.2 Especificación del Sistema para 64QAM

Item	4 GHz	5 GHz	U6 GHz	8 GHz	11 GHz	Garantizada
Rango de Frecuencia	ITU-R F.635-4	ITU-R F.1099-2	ITU-R F.384-6	ITU-R F.386-5 ANNEX 2	ITU-R F.387-7	
Separación de Canal	40 MHz	40 MHz	40 MHz	40.74 MHz	40 MHz	-
Potencia de Salida TX *1, *2 (Excluyendo la Pérdida de BR CKT)						
(5W) (dBm)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	±1.0 dB
(10W) (dBm)	33.0	33.0	33.0	33.0	-	±1.0 dB
Figura de Ruido (dB)	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	+1.0 dB
C/N vs. BER						
10 <sup>-3</sup> (dB)	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	+1.0 dB
10 <sup>-6</sup> (dB)	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	+2.0 dB
RSL Sobrecarga (Excluyendo la Pérdida de BR CKT)						
10 <sup>-3</sup> (dBm)	-12.0	-12.0	-12.0	-12.0	-12.0	-5 dB
RSL vs. BER (Excluyendo la Pérdida de BR CKT)						
10 <sup>-3</sup> (dBm)	-76.1	-76.1	-76.1	-75.6	-75.6	+2.0 dB
10 <sup>-6</sup> (dBm)	-74.6	-74.6	-74.6	-74.1	-74.1	+3.0 dB
Ganancia del Sistema (Excluyendo la Pérdida de BR CKT)						
(5W) 10 <sup>-3</sup> (dB)*1	106.1	106.1	106.1	105.6	105.6	-2.0 dB
10 <sup>-6</sup> (dB)	104.6	104.6	104.6	104.1	104.1	-3.0 dB
(10W) 10 <sup>-3</sup> (dB)*1	109.1	109.1	109.1	108.6	-	-2.0 dB
10 <sup>-6</sup> (dB)	107.6	107.6	107.6	107.1	-	-3.0 dB
R-BER	10 <sup>-13</sup>	10 <sup>-13</sup>	10 <sup>-13</sup>	10 <sup>-13</sup>	10 <sup>-13</sup>	10 <sup>-12</sup>
Pérdida de BR CKT *3						
1+0 (dB)	4.8	4.5	4.9	5.8	5.6	+1.0 dB
1+1 (dB)	5.2	4.9	5.3	6.1	6.1	+1.0 dB
1+2 (dB)	5.5	5.3	5.6	6.4	6.4	+1.0 dB
1+3 (dB)	5.8	5.6	5.9	-	6.9	+1.0 dB
1+4 (dB)	-	-	-	-	9.2	+1.0 dB
1+5 (dB)	-	-	-	-	9.6	+1.0 dB
BR CKT Loss (Tipo Contiguo)						
1+3 (dB)	6.9	6.6	6.6	-	-	+1.0 dB
1+6 (dB)	6.9	6.6	6.6	-	-	+1.0 dB
1+7 (dB)	-	-	6.6	-	-	+1.0 dB
Rango de Frecuencia Sintonizable	Half band					
Interfaz de Guía de Onda	UDR-40	UDR-48	UDR-70	UDR-84	UDR-100	

\*1 : Valor nominal sin operación ATPC.

\*2 : Máximo valor con ATPC es 2 dB más alto que el de arriba.

\*3 : Muestra los valores de Pérdida Baja del Cable .

La pérdida del BEF usado para eliminar las señales de interferencia de RF entre el Transmisor y el Receptor, no es incluida.

Para pérdida del BR CKT del receptor SD, adicione 0.1dB (4 y 5 GHz) o 0.2 dB (U6, 8 y 11 GHz).

Tabla 3.3 Especificaciones del Sistema para 128QAM

Item	4 GHz	5 GHz	L6 GHz	7 GHz	8 GHz	Garantizada
Rango de Frecuencia	ITU-R F.382-7	ITU-R F.746-4 ANNEX 2	ITU-R F.383-5	ITU-R F.385-6	ITU-R F.386-5 ANNEX 1	
Separacion de Canal	29 MHz	28 MHz	29.65 MHz	28 MHz	29.65 MHz	-
Potencia de Salida TX *1, *2 (Excluyendo la Perdida de BR CKT)						
(5W) (dBm)	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	±1.0 dB
(10W) (dBm)	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	±1.0 dB
Figura de Ruido (dB)	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	+1.0 dB
C/N vs. BER						
10 <sup>-3</sup> (dB)	24.7	24.7	24.7	24.7	24.7	+1.0 dB
10 <sup>-6</sup> (dB)	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	+2.0 dB
RSL Sobrecarga (Excluyendo la Perdida de BR CKT)						
10 <sup>-3</sup> (dBm)	-12.0	-12.0	-12.0	-12.0	-12.0	-5 dB
RSL vs. BER (Excluyendo la Perdida de BR CKT)						
10 <sup>-3</sup> (dBm)	-73.7	-73.7	-73.7	-73.2	-73.2	+2.0 dB
10 <sup>-6</sup> (dBm)	-70.9	-70.9	-70.9	-70.4	-70.4	+3.0 dB
Ganancia del Sistema (Excluyendo la Perdida de BR CKT)						
(5W) 10 <sup>-3</sup> (dB)*1	102.7	102.7	102.7	102.2	102.2	-2.0 dB
10 <sup>-6</sup> (dB)	99.9	99.9	99.9	99.4	99.4	-3.0 dB
(10W) 10 <sup>-3</sup> (dB)*1	105.7	105.7	105.7	105.2	105.2	-2.0 dB
10 <sup>-6</sup> (dB)	102.9	102.9	102.9	102.4	102.4	-3.0 dB
R-BER	10 <sup>-13</sup>	10 <sup>-13</sup>	10 <sup>-13</sup>	10 <sup>-13</sup>	10 <sup>-13</sup>	10 <sup>-12</sup>
Perdida de BR CKT *3						
1+0 (dB)	5.0	4.7	4.5	5.8	6.1	+1.0 dB
1+1 (dB)	5.5	5.2	5.3	6.1	6.5	+1.0 dB
1+2 (dB)	5.8	5.7	5.6	6.5	6.8	+1.0 dB
1+3 (dB)	-	6.1	6.0	-	7.1	+1.0 dB
		7.3				
BR CKT Loss (Contiguous type)						
1+3 (dB)	6.9	-	6.6	***	***	+1.0 dB
1+5 (dB)	6.9	-	6.6	***	***	+1.0 dB
1+7 (dB)	-	-	6.6	***	***	+1.0 dB
Rango de Frecuencia Sintonizable	Half band					
Interfaz de Guia de Onda	UDR-40	UDR-48	UDR-58	UDR-70	UDR-84	

\*1 : Valor nominal sin operación ATPC.

\*2 : Máximo valor con ATPC es 2 dB más alto que el de arriba.

\*3 : La pérdida del BEF usado para eliminar las señales de interferencia de RF entre el Transmisor y el Receptor, no es incluida.

Para pérdida del BR CKT del receptor SD, adicione 0.1dB (4 GHz) o 0.2 dB (L6, 7 y 8 GHz).

Tabla 3.4 Especificación General (1/5)

Item	Especificación
<b><u>ATPC</u></b>	
Rango Dinámico	-12 dB a + 2dB
Pasos de Control	1 dB
Velocidad de Rastreo del Desvanecimiento	100 dB/segundo
Rango de Operación de RSL	-40 a -70 dBm
Reducción de Consumo de Alimentación de CD	-40 % FET AMP
<b><u>Equipo MDP</u></b>	
Esquema de Modulación	64 QAM o 128 QAM
CODEC	MLCM con R/S para 64 QAM, MLCM para 128 QAM
Sistema de Demodulación	Detección coherente
Frecuencia de FI	140 MHz
<b><u>QAM &amp; P</u></b>	
Adquisición de Datos	
• Formato del Protocolo	Qecc/Q3
Interfaz Serie con la LCT	RS-232C o 10BASE-T
Características del Codec PCM para el OW Expreso/Omnibus	
Tasa de Muestreo	8 kHz
Ley de Codificación	Ley A o Ley $\mu$

Tabla 3.5 Especificación General (2/5)

Item	Especificación	
<b>Interfaz</b>		
Tráfico Principal, Eléctrico (STM-1)		
Tipo (G.703 de la ITU T)	<u>En la sección de estación, Funcionalidad Completa</u>	
Tasa de Bitio	155.520 Mbit/s $\pm 20$ ppm	
Nivel	1 Vp-p (nominal)	
Pérdida del Cable aceptable para TX	12.7 dB a 78 MHz	
Formato del Código	CMI	
Impedancia	75 ohms, desbalanceado (nominal)	
Tráfico Principal, Eléctrico (PDH)		
Tipo (G.703 de la ITU T)	<u>En la sección de estación, Funcionalidad Completa</u>	
Tasa de Bitio	139.264 Mbit/s $\pm 15$ ppm	
Nivel	1 Vp-p (nominal)	
Pérdida del Cable aceptable para TX	12.0 dB a 70 MHz	
Formato del Código	CMI	
Impedancia	75 ohms, desbalanceado (nominal)	
Tráfico Principal Optico (STM-1)		
Tipo (G.957 ITU-T)	<u>Intra-oficina (I. 1/S. 1.1)</u>	<u>Entre-oficina de Larga Distancia (L. 1.1)</u>
Funcionalidad	Completa	
Tasa de Bitio	155.520 Mbit/s	
Formato del Código	NRZ	
Longitud de Onda	1,310 nm	
Conector para (En el frente del panel)	Tipo FC o tipo SC	
Transmisor (Data OUT)	MLM	
• Tipo de Fuente		
• Máximo Ancho Espectral	40 nm/7.7 nm	4 nm
• Potencia de Salida Media	-8 a -15 dBm	0 a -5 dBm
• Mínima Relación de Extinción	8.2 dB	10 dB
Trayectoria Optica		
• Rango de Atenuación	0 a 7 dB/0 a 12 dB	10 a 28 dB
Receptor (Data IN)		
• Mínima Sensibilidad	-23 dBm/-28 dBm	-34 dBm
• Mínima Sobrecarga	-8 dBm	-10 dBm
• Máxima Penalidad de la Trayectoria Optica	1 dB	
Seguridad		
• Seguridad del Producto Láser	IEC 825 Clase 1	
• Apagado Automático del Láser	G.958 de la ITU-T	

Tabla 3.6 Especificación General (3/5)

Item	Especificación
<b><u>Interfaz</u></b>	
Canales de Servicio Digital (Opcional, en MDP, usando RFCOH)	
Tasas de Bitios	4 × 64 kbit/s más 1 × 64 o 1 × 128 kbit/s
Nivel de Entrada/Salida	2 Vp-p (nominal) Transistor-Transistor Logic (TTL)
Impedancia	110 ohms, balanceado (nominal)
Interfaz	Contra-direccional
Transmisión del Tráfico Wayside (Opcional, en MDP, usando RFCOH)	
Tasa de Bitio	2 o 1 × 2.048 Mbit/s ±50 ppm/ 2 × 1.544 Mbit/s ±130 ppm
Nivel de Entrada/Salida (nominal)	
para 2.048 Mbit/s	2.37 Vp-p
para 1.544 Mbit/s	3.0 Vp-p
Formato del Código	Bipolar de Alta Densidad (HDB)
para 2.048 Mbit/s	Inversión de Marcas Alternas (AMI)
para 1.544 Mbit/s	Bipolar con Substitución de 8 ceros (B8ZS)
Impedancia (nominal)	
para 2.048 Mbit/s	75 ohms, desbalanceada/ 120 ohms, balanceada
para 1.544 Mbit/s	100 ohms, balanceada
DCCr (D1-D3) (en MDP)	
Tasa de Bitio	192 kbit/s
Nivel de Entrada/Salida	2 Vp-p (nominal) (TTL)
Impedancia	100 ohms, balanceado (nominal)
DCCm (D4-D12) (en MDP)	
Tasa de Bitio	576 kbit/s
Nivel de Entrada/Salida	2 Vp-p (nominal) (TTL)
Impedancia	110 ohms, balanceado (nominal)
E1, E2 (on MDP, for Omnibus & Express OW), F1 (on MDP for user channel)	
Tasa de Bitio	64 kbit/s, cada E1, E2, F1
Nivel de Entrada/Salida	2 Vp-p (nominal) (TTL)
Impedancia	110 ohms, balanceado (nominal)

Tabla 3.7 Especificación General (4/5)

Item	Especificación	
<b>Interfaz</b>		
F1 (G. 703) (opcional OH EXT en MDP)		
Tipo (G. 703 de ITU-T)	Co-directional	
Tasa de Bitio	64 kbit/s	
Nivel	1 $\pm$ 1.0 Vo-p	
Impedancia (nominal)	120 ohms	
Formato del Código	Inversión de Marcas Alternas (AMI)	
<b>Entrada del Reloj de Referencia</b>		
Frecuencia/Tasa de Bitio	2.048 MHz, 2.048 o 1.544 Mbit/s	
Nivel de Entrada	<u>Para el Tipo No Balanceada</u>	<u>Para el Tipo Balanceada</u>
2 MHz	0.75 a 1.5 Vo-p	-
2 Mbit/s	2.37 $\pm$ 0.237 Vo-p	-
1.5 Mbit/s	-	3.0 $\pm$ 0.15 Vo-p
Impedancia (nominal)	75 ohm	-
		100 ohm
Formato del Código	HDB3	AMI o B8ZS
<b>Interfaz Paralela para Alarmas Externas</b>		
<b>Alarma/Control</b>		
Items de Entrada (Monitoreo)	16 (estándar) o 32 (opcional)	
Interfaz de Entrada	Foto Acoplador (2 terminales)	
Items de Salida (Control)	8	
Interfaz de Salida	Contacto Seco, Forma C (3 terminales)	
<b>Facilidades de Extensión de Frecuencia de Voz OW y Omnibus</b>		
Línea	4 hilos	
Banda de Frecuencia	0.3 a 3.4 kHz	
Nivel (nominal)	-6 dBm	
Impedancia	600 ohms, balanceada	

Tabla 3.8 Especificación General (5/5)

Item	Especificación
<b>Común</b>	
Requerimientos de Alimentación	-48 V DC (-36 a -72 V DC), -24 V DC (-20 a -35 V DC), +48 V DC (+36 a +72 V DC) o +24 V DC (+20 a +35 V DC)
Consumo de Alimentación	Aproximadamente 315W (desde 4 a U6 GHz, 1+1 Terminal, Tipo FET de 10 vatios, equipado con (e/w) SD)
Rango de Temperatura (Excluyendo la LCT) ETS300 019-2-3	
Operación Garantizada	-5°C a +50°C
Operación de Trabajo	-10°C a +55°C
Transporte y Almacenaje	-30°C a +70°C
Humedad Relativa (Excluyendo la LCT)	
Operación Garantizada	Menor de 90% a +45°C
Operación de Trabajo	Menor de 90% a +50°C
Transporte y Almacenaje	Menor de 90% a +50°C
Altitud	
Operación Garantizada	Hasta 4,000 m
Descarga Electrostática (ESD)	4 kV en la superficie externa-No error (Método de Prueba: IEC 861-2)
Compatibilidad Electro-Magnética (EMC)	De acuerdo a la estándar ETSI y CISPR Pub.22/85 Clase A, equivalente a CENELEC EN 55022 Clase A. (con la cubierta frontal)

### 3.2.2 Descripción Operacional

A continuación se explicará el flujo de la señal de datos principal que pasa a través de cada modulo en el equipo de radio SDH 3000S iniciando desde el equipo multiplexor del lado de transmisión hacia el equipo multiplexor del lado de recepción.

a) Para Transmisión

a.1) La señal de Datos Principal en cada canal que es suministrada por el equipo multiplexor a la ( )INTFC puede ser un tren de datos eléctricos 155.52 Mbps STM-1, óptica 155.52 Mbps STM-1 o eléctricos de 139.264 Mbps C4. Estas señales de entrada/salida son soportadas por los módulos 150M INTFC, OPT INTFC y 140M INTFC, respectivamente. La sección de transmisión en cada modulo ( )INTFC tienen las funciones siguientes:

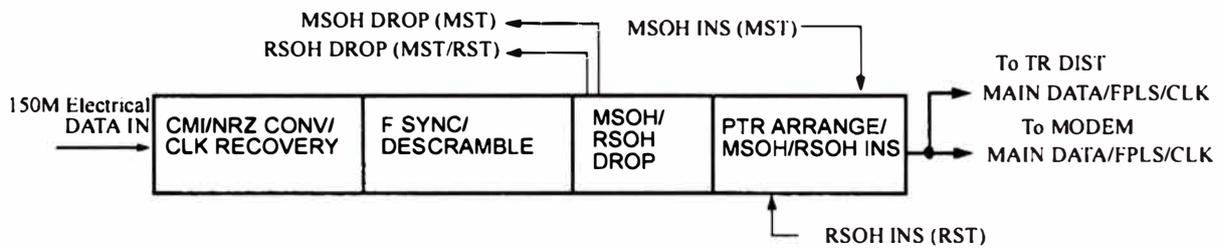


Figura 3.14 Funciones para la señal Tx del Modulo 150M INTFC

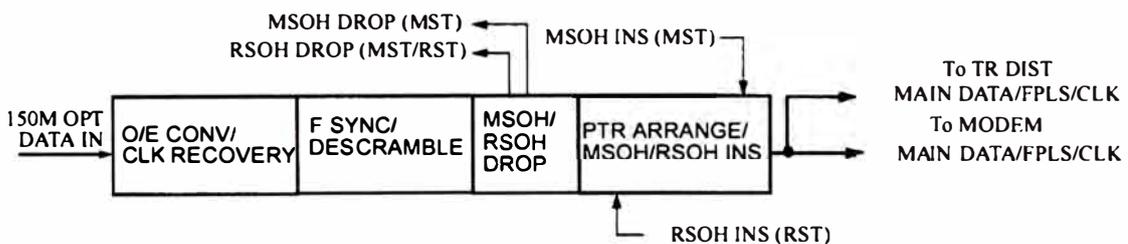


Figura 3.15 Funciones para la señal Tx del Modulo OPT INTFC

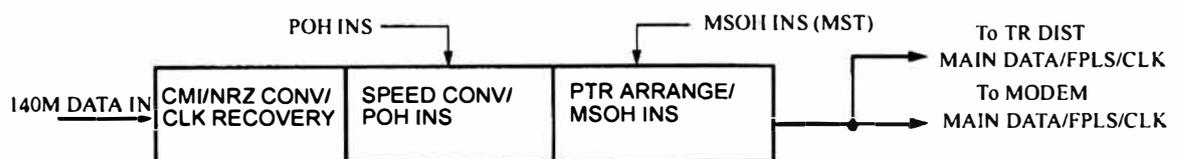


Figura 3.16 Funciones para la señal Tx del Modulo 140M INTFC

- Conversión de código y recuperación de CLK, para la transmisión de señales eléctricas 155.52 Mbps STM-1, la señal de datos 155.52 Mbps STM-1 codificada CMI (Código de Inversión de Marcas) desde el equipo múltiplex asociado, es alimentado hacia el CMI/NRZ CONV. El circuito CMI/NRZ CONV (Convertidor CMI a NRZ) convierte la entrada del tren de datos hacia un tren de datos unipolar, ya que el equipo usa señales unipolares NRZ (No retorno a cero) para la transmisión de pulsos y operación lógica.

Para las señales ópticas STM-1 de 155.52 Mbps, el circuito de conversión de datos O/E (Óptico a Eléctrico) convierte la señal óptica en una señal eléctrica usando fotodiodos.

Para la señal C4, la señal de datos 139.264 Mbps es convertida hacia un tren de datos en paralelo y entonces son aplicados al SPEED CONV el cual convierte la señal C4 hacia un tren de datos STM-1.

El circuito CLK RECOVERY extrae los componentes de CLK desde la señal de entrada y produce Pulsos de Trama (F PLS) en periodos específicos para sincronizar la temporización de CLK interna.

- F SYNC, en este circuito la señal de datos STM-1 es sincronizada con los F PLS generados detectando los bytes A1 y A2 desde la entrada del tren de datos para determinar el comienzo de la trama en el tren de datos.

- Descramble (Desaleatorizador), los trenes de datos de la trama sincronizada, excepto la primera fila en la sección de encabezado (SOH) son desaleatorizados por el circuito DSCRIB.

- Procesando MSOH/RSOH/PTR/POH, en el Modo MST; el Encabezado de la Sección Regenadora (RSOH) y el Encabezado de Sección Multiplexora (MSOH) son extraídas desde el tren de datos y enviados hacia el modulo OH INTFC. El arreglo del Apuntador de la Unidad Administrativa (AU) es ejecutada usando la señal CLK de la mas alta calidad seleccionada en el modulo CLK y entonces MSOH es insertada en el tren de datos. En el modo 150M, el valor del apuntador AU es actualizado por el PTR.

La MS AIS (Señal de Indicación de Alarma de la Sección Multiplexora), MS PDI (FERF) Indicación de Defecto Remoto (Falla del Receptor del Extremo Remoto), EBER (Excesivo BER) y SD (Degradación de Señal) son detectados desde los bytes K2, B1 y B2 extraídos y son enviados hacia el modulo CTRL vía bus de interfaz.

En el modo RST, el RSOH es primero extraído e insertado en el tren de datos. La sincronización de la trama es entonces ejecutada usando la señal CLK y F PLS que fueron extraídas desde la señal de entrada.

Para los trenes de datos C4, la trayectoria del encabezado (POH) es primero insertada en el tren de datos y entonces el Apuntador AU-4 es insertado. La señal de datos es sincronizada con el CLK extraído desde la entrada del tren de datos y entonces los F PLS son generados. La inserción de MSOH es entonces realizada. Los datos C4 no son soportados en el modo RST.

a.2) Conmutador TX, en el sistema N+1, el conmutador TX en el modulo TR DIST conmuta la transmisión de datos de cualquier canal regular al canal de protección. La conmutación es controlada por el modulo SWO PROC.

a.3) Modulación:

- Inserción de RSOH (solamente para el modo MST), la señal de Datos Principal en cada canal es aplicada desde el modulo ( )INTFC es alimentado hacia la sección de Modulación (MOD) en el modulo MODEM. Una de las señales es seleccionada por el circuito SEL y alimentado al circuito RSOH INS el cual inserta los bytes RSOH en la ubicación apropiada de la trama SOH. La señal de datos es convertida hacia unos seis o siete trenes de datos que tienen una tasa de datos igual a la frecuencia de la tasa de símbolo apropiada para 64 o 128QAM y entonces es aleatorizada.

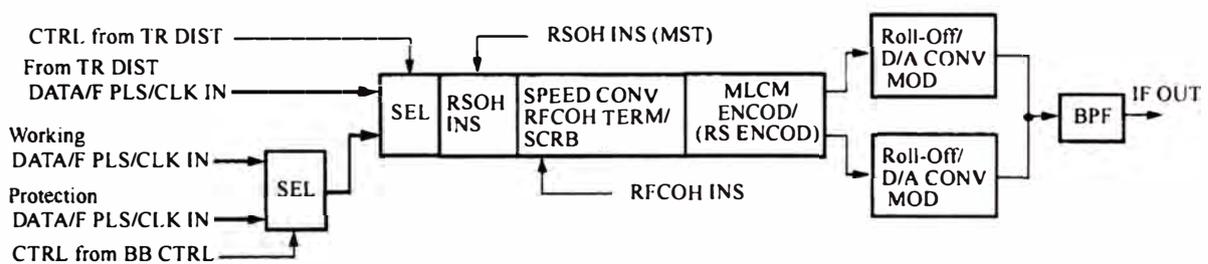


Figura 3.17 Funciones para la señal TX del Modulo MODEM

- Inserción de RFCOH, los huecos de temporización para insertar los bits de encabezado de Trama Complementaria de Radio (RFCOH) son creados después que la señal es aleatorizada. La RFCOH transporta la DSC aplicada desde la OH INTFC, las señales WS aplicadas desde la WS INTFC, los bits de control y los bits de información usados en el sistema de radio. El circuito de Modulación de Codificación Multinivel (MLCM) se proporciona para un método de Corrección de Errores Hacia Delante (FEC) el cual inserta los bits redundantes para detectar y corregir los bits en los errores causados a través de la línea de transmisión en el extremo de recepción. En los sistemas 64QAM, el

código R-S (Reed Solomon), usado para lograr ganancia de codificación superior, es también proporcionada opcionalmente en este circuito.

- Modulación QAM, el circuito QAM MOD proporciona Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM) de 64 o 128 niveles. El filtro de aplanado (Roll-off) tiene una Respuesta de Impulso Finita (FIR) para limitar el ancho de banda de la señal de banda base con una Respuesta de Impulso Finita (FIR). La señal desde el filtro aplanado (Roll-off) es aplicada hacia los circuitos del Convertidor Digital a Analógico (D/A CONV). Aquí, cada estado lógico de los trenes de datos son combinados y convertidos en ocho o doce diferentes voltajes para cada canal en fase y cuadratura. Ambas señales en fase y cuadratura son aplicadas a dos moduladores QAM y son usadas para modular las señales portadoras las cuales tienen una fase 90 grados de diferencia. Las señales de salida del circuito modulador son combinadas por el híbrido y la señal de IF obtenida pasa a través de un IF BPF para eliminar las señales indeseadas. La señal de IF es entonces alimentada hacia la sección de RF.

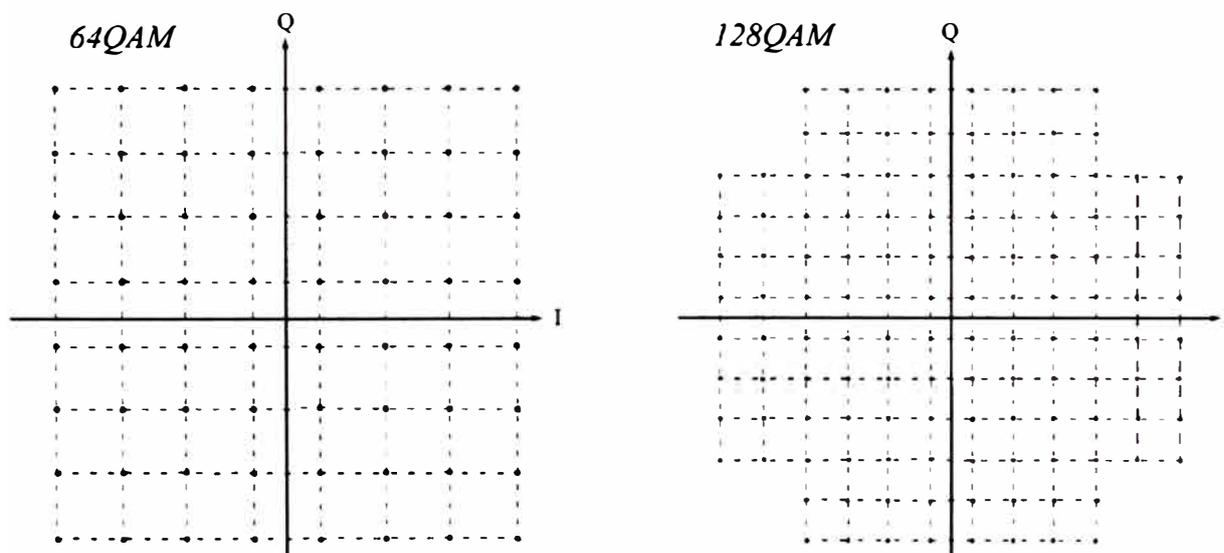


Figura 3.18 Diagramas de la Constelación de 64QAM/128QAM

a.4) Conversión de Frecuencia de la señal IF a RF, la señal de IF modulada de 64/128QAM desde el equipo modulador – demodulador de 64/128QAM es enviado al IF AMP a través del ecualizador en el modulo TX RF para amplificar la señal de IF al nivel especificado. La señal de IF amplificada es entonces mezclada con una señal de RF local generada por el SYNTH (TX) para obtener la señal de RF de transmisión en la frecuencia de canal asignada.

a.5) Pasa banda, un 3BPF es conectado a la porción de salida del modulo TX RF. El 3BPF esta compuesto de un filtro pasa banda de tres etapas, el cual rechaza todas las señales fuera de banda y un circulator terminado el cual absorbe las señales reflejadas desde la entrada del modulo FET AMP. El 3BPF ha sido ajustado para operar en ya sea en la banda media, superior de la banda o inferior de la banda de frecuencia de transmisión.

a.6) Frecuencia de Oscilación Local de TX, El modulo SYNTH (TX) usa un Oscilador controlado por Fase, Automático (APC OSC). El APC OSC es un oscilador controlado por voltaje (VCO) con un resonador dieléctrico que usa un diodo varactor. EL APC OSC genera una señal local en la frecuencia de RF correspondiente a la banda de la frecuencia de RF usada. Usa un sistema de frecuencia sintetizada con un Bucle de Amarre de Fase (PLL) y su frecuencia de operación es ajustada por el LCT.

a.7) Amplificación de Potencia, la señal de RF es amplificada por el modulo FET AMP al nivel de salida especificado. El modulo FET AMP amplifica la señal de RF a través de los amplificadores multi-etapa con FET y están equipados con un sistema de Control Automático de Nivel (ALC) y Control Automático de Potencia del Transmisor (ATPC). Con el sistema ATPC y ALC, el nivel de salida FET AMP es automáticamente ajustado para el nivel especificado dentro del rango de -12dB a +2dB así que el nivel de RF recibido en el receptor opuesto es mantenido constante. El circuito Linealizador (LRZ) en la porción del modulo FET AMP introduce distorsión hacia la señal de entrada, la cual es, en forma vectorial, opuesta a la señal de RF distorsionada causada por la amplificación FET. Por lo tanto, la señal distorsionada es cancelada en la salida de FET AMP.

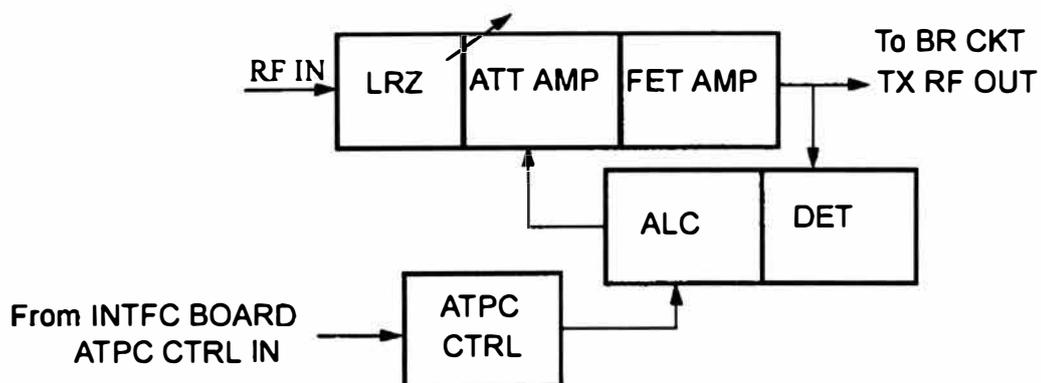


Figura 3.19 Amplificación de Potencia.

- Control Automático de Potencia del Transmisor, La función ATPC es una operación conjunta entre las estaciones local y opuesta. Cuando la estación de recepción detecta un decremento o un incremento en el nivel de entrada de la señal de RF, decide si es necesario controlar la potencia de salida TX desde 0 a -12dB o, dependiendo de la HOP HIGH BER en el modulo MODEM y si la operación de +2dB arriba ha sido aplicada para el sistema a través del aprovisionamiento con la LCT, controla la potencia de salida TX desde 0 a +2dB del ATPC, las señales de comando del control de la potencia de salida TX arriba, abajo o la mantiene, hacia la estación de transmisión opuesta vía el canal RFCOH. En la estación de transmisión, la señal de comando de control de potencia TX es procesada por el CPU y convertida en una señal ATPC CTRL. La señal de control es aplicada hacia el modulo FET AMP y el modulo DC-DC CONV en la Unidad TRX para controlar la potencia de salida TX de conformidad con el mensaje de control.

b) Para Recepción

b.1) Conversión de Frecuencia de la señal RF a IF, en el módulo RX RF, la señal de RF recibida es mezclada con una señal de RF local desde el modulo SYNTH (RX) para producir una señal IF. Los módulos RX RF, dependiendo del tipo de módulo, operan en ya sea la banda superior o inferior de la banda de la frecuencia de RF de operación.

- Oscilación de la Frecuencia Local de RX, el módulo SYNTH (RX) es un Oscilador controlado de Fase Automática (APC OSC), el APC OSC es un oscilador controlado por voltaje (VCO) con un resonador dieléctrico que usa un diodo varactor. El APC OSC genera una señal local en la frecuencia de RF correspondiente a la banda de la frecuencia de RF usada. Usa un sistema de frecuencia sintetizada con Bucle de Amarre de Fase (PLL) y su frecuencia de operación es ajustada por el LCT.

b.2) Conversión de Frecuencia de la señal SD RF a IF, la señal de RF de Diversidad de Espacio (SD) es mezclada con la señal de RF SD local aplicada desde la sección RX RF (Principal) a través de un circuito de Control de Desplazador de Fase Sinfín (EPS CTRL), para producir una señal IF.

- Combinación de la señal IF, la señal RX IF (Principal) y la señal de IF de Diversidad de Espacio (SD), son igualadas en fase, son combinadas por un híbrido de IF. El Detector de Fase (PH DET), en el módulo COMB, combina la señal de IF desde la Principal y SD usando un Híbrido, en una diferencia de ángulo de 90 grados con respecto una de la otra. Cuando cualquier diferencia de fase es detectada entre las dos señales, un voltaje de error de fase es generado y es aplicado como una señal DADE CTRL y señal EPS CTRL.

- Control de Desplazador de Fase Sinfín (EPS), detectando la diferencia de fase entre las señales Principal y SD en el módulo COMB, el valor diferencial es computado y es usado para generar las señales de control LEAD/LAG las cuales son usadas para desplazar la fase de la señal local SD en la sección SD RX RF del módulo RX RF. Este control es ejecutado no solamente detectando la diferencia de fase sino también detectando el rango de ruido en la banda de frecuencia usando el Detector de Mínima Dispersión (MID DET).
- Control DADE, la señal de peso DADE CTRL controla el circuito de retardo multi-etapas la cual es aplicada hacia la señal SD IF en el módulo COMB así que la fase de las señales Principal (Main) y SD IF llegan a estar en fase.

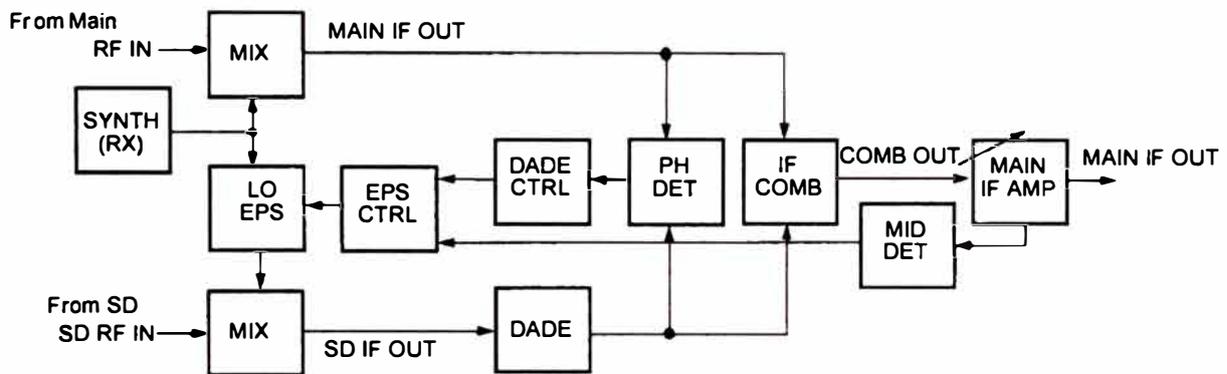


Figura 3.20 Conversión de la señal RX IF y Combinación de IF.

- Amplificación de la señal IF y Limitación del Ancho de Banda, la señal de IF es amplificada a través de un amplificador de IF con Control de Ganancia Automática (AGC) para mantener el nivel de la señal IF constante. Aquí la señal de IF es limitada dentro del ancho de banda especificado a través de un IF BPF. En sistemas SD, esta función es aplicada a las señales Principal y SD IF combinadas.

b.3) Demodulación, la señal principal recibida en cada canal desde la Unidad TRX es alimentada hacia la sección Demodulación (DEM) en el módulo MODEM. La señal de frecuencia IF es convertida hacia abajo hacia la señal de segunda IF la cual es entonces convertida hacia una señal digital por un circuito Analógico a Digital (A/D CONV). La señal convertida digital es pasada a través de un filtro de aplanado (Roll-off) con FIR, y su fase es detectada por detección de cuadratura en el circuito QAM DEM.

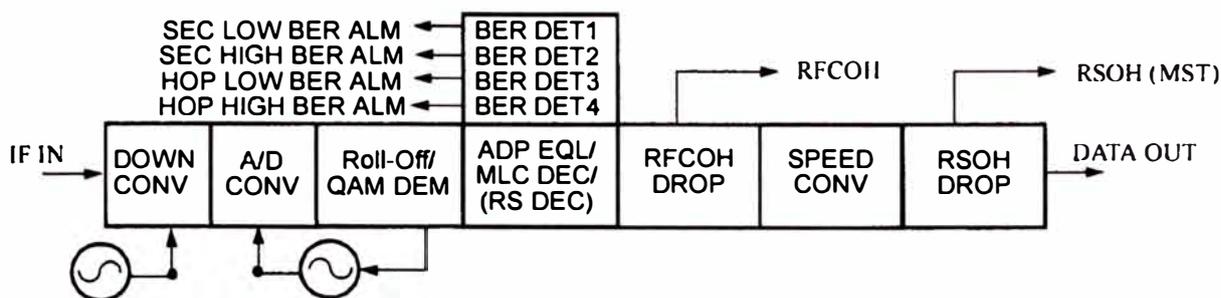


Figura 3.21 Funciones del módulo MODEM para la señal RX

- Igualación, la señal detectada es igualada a través de un igualador adaptivo en el dominio del tiempo el cual consiste de un Igualador de Alimentación Hacia Adelante (FFE) y un Igualador de Retroalimentación de Decisión (DFE) y entonces decodifica MLC, para suprimir la interferencia intersímbolo causada por el desvanecimiento. En los sistemas 64QAM que usan el código Reed-Solomon (R-S) opcional, la decodificación R-S es también ejecutada en este circuito para lograr una ganancia de codificación superior.
- Detección de BER, la detección de BER es ejecutada por el circuito FEC. El nivel de umbral para la detección de la alarma de BER es ajustado a través del aprovisionamiento con el LCT. El circuito de alarma de BER consiste de cuatro detectores de alarma BER (BER DET 1, BER DET 2, BER DET 3 y BER DET 4).

El BER DET 1 cuenta los pulsos de error (ERR PLS) en la base de una sección en un nivel bajo. Cuando el número de ERR PLS excede el nivel de umbral SEC LOW BER ALM, la Alarma de Bajo BER de sección (SEC LOW BER ALM) es generada y el Hitless SW en la OPT, 140/150M INTFC es activado.

El BER DET 2 cuenta los pulsos de error (ERR PLS) en la base de una sección en un nivel alto. Cuando el número de ERR PLS excede el nivel de umbral SEC HIGH BER ALM, la Alarma de Alto BER de sección (SEC HIGH BER ALM) es generada.

El BER DET 3 cuenta los pulsos de error (ERR PLS) en la base de un salto en un nivel bajo. Cuando el número de ERR PLS excede el nivel umbral de HOP LOW BER ALM, la alarma ATPC BER (ATPC BER ALM) es generada y la potencia de TX de la estación opuesta es incrementada por el control ATPC de 0dB a +2dB en sistemas capaces de hacerlo así.

El BER DET 4 cuenta los pulsos de error (ERR PLS) en una base del salto para un nivel alto. Cuando el número de ERR PLS excede el nivel umbral de HOP HIGH BER ALM, la alarma de Alto BER del (HOP HIGH BER ALM) es generada.

- Bajada de RFCOH, la señales DSC, WS y otros bits usados por el sistema de radio, transportadas en el Encabezado de Trama Complementaria de Radio (RFCOH), son extraídas. La DSC es enviada al OH INTFC y la WS es enviada al módulo WS INTFC.
- Bajada de RSOH (en el modo MST), los bits de RSOH insertados en la señal STM-1 en el extremo de transmisión son extraídos. La paridad de bit entrelazado (BIP-8) es reproducida computando el numero de “1” lógicos en cada ocho bits en una trama usando la misma función como en la porción de transmisión y el BIP-8 resultante es comparado con aquel en el byte B1 de la trama siguiente después de la desaleatorización para detectar errores en la sección regeneradora.

b.4) Distribución de la señal recibida, el módulo TR DIST distribuye la señal recibida desde el canal de protección para cada canal regular. Cuando la señal de acceso de protección es proporcionada en el sistema, la señal recibida desde el canal de protección es enviada al equipo externo asociado, solamente cuando todos los canales regulares están funcionando normalmente.

b.5) Regeneración de las señales STM-1 y C4

La señal demodulada desde el módulo MODEM es alimentada hacia el módulo ( )INTFC.

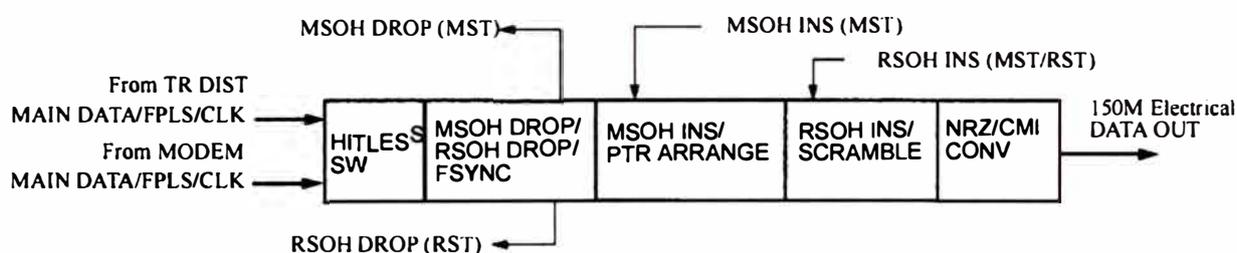


Figura 3.22 Funciones del módulo 150M INTFC para la señal RX

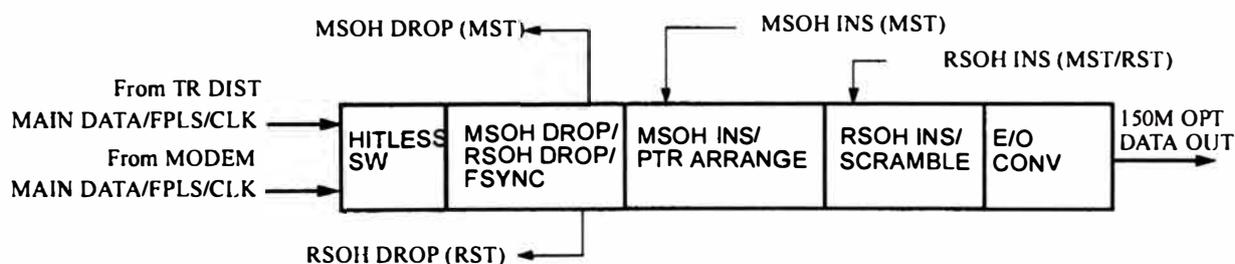


Figura 3.23 Funciones del módulo OPT INTFC para la señal RX

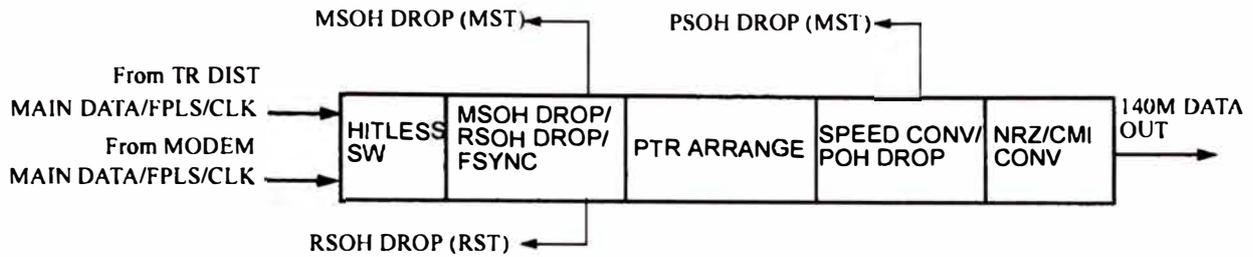


Figura 3.24 Funciones del módulo 140M INTFC para la señal RX

- Conmutador Hitless (sin errores), el conmutador Hitless (HL SW), controlado por el módulo SWO PROC o el módulo HS/SWO CTRL, selecciona ya sea la señal recibida desde el canal Regular o el canal de Protección.
- F SYNC, el circuito F SYNC detecta los bytes A1 y A2 desde los trenes de datos recibidos y compara el patrón de la trama detectada con el patrón de la trama formateada generada en la F SYNC en la misma forma como en la sección de transmisión.
- Desaleatorización (solamente en el modo RST), los trenes de datos de la trama sincronizada, excepto la primera fila de la sección de encabezado (SOH), son desaleatorizados a través del circuito DSCRB.
- Procesando MSOH/RSOH/PTR/POH

En el modo MST, el encabezado de la sección multiplexora (MSOH) son extraídos desde el tren de datos y enviada hacia el módulo OH INTFC. La MS-AIS (Señal de Indicación de Alarma de la Sección Multiplexora), MS-RDI (Identificación de Defecto Remoto), E-BER (Excesivo BER) y SD (Degradación de Señal) son detectadas desde los bytes K2, B1 y B2 extraídos y enviada hacia el módulo CTRL vía bus de interfaz. En el modo 150M, el PTR actualiza el valor del apuntador AU. El arreglo del Apuntador de la Unidad Administrativa (AU) es ejecutado usando la señal de reloj de la más alta calidad seleccionada por el módulo CLK y entonces los bytes MSOH y RSOH son insertados en el tren de datos.

En el modo RST, la RSOH es extraída e insertada en el tren de datos. La sincronización de la trama es entonces ejecutada usando la señal CLK y F PLS las cuales son generadas desde CLK y F PLS extraídos desde la señal de entrada. Para los trenes de datos C4, en el modo C4, el PTR lee el valor del apuntador AU-4 (Unidad Administrativa 4) desde los bytes H1 y H2 para detectar el primer byte del VC-4 (Contenedor Virtual 4) para convertir el STM-1 a C4.

### 3.3 Verificación del Comportamiento

La verificación del comportamiento es necesario realizarlo antes de poner cada sistema en operación; por ejemplo si se instala un enlace SDH de microondas STM-1 sistema 2+1, antes de entrar en operación se debe verificar el comportamiento de cada sistema. Es decir se debe verificar el comportamiento del sistema 1, luego del sistema 2 y finalmente del sistema 3.

Para cualquier otra ampliación se procederá de la misma manera antes que entre en operación el nuevo sistema, pues se considera que los sistemas anteriores ya están transportando tráfico.

La verificación del comportamiento consiste en las siguientes pruebas:

- Frecuencia del Oscilador Local de Rx
- Frecuencia del Oscilador Local de Tx
- Potencia de Rx, Calibración de la Potencia vista con el LCT
- Potencia de Tx
- Frecuencia de Tx
- Curva de AGC
- Retardo de Grupo, Amplitud
- Medición de Voltajes

Los equipos de medición recomendados son listados en la Tabla 3.9, a continuación una vista de ellos:

- Counter/Power Meter 5348A 10Hz to 26.56GHz, Hewlett Packard
- Analizador de Microondas ME 4510B Receiver, Anritsu
- Analizador de Microondas ME 4510B Transmitter, Anritsu
- Generador de Frecuencia 8341B, Hewlett Packard



Figura 3.25 Counter/Power Meter 5348A 10Hz to 26.56GHz, Hewlett Packard

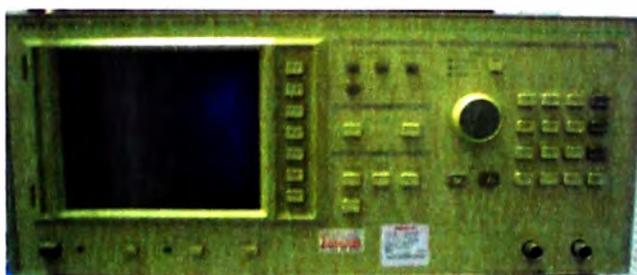


Figura 3.26 Analizador de Microondas ME 4510B Receiver, Anritsu



Figura 3.27 Analizador de Microondas ME 4510B Transmitter, Anritsu.



Figura 3.28 Generador de Frecuencia 8341B, Hewlett Packard

Tabla 3.9 Equipos de Medición

Equipo de Prueba	Características Requeridas	Verificación Aplicable
Voltímetro Digital	Rango del Voltaje : 0 a 100VDC Exactitud : Mejor que $\pm 0.5\%$	Medición de Voltajes
Generador de Señales RF (Figura 3.28)	Rango de Frecuencia : Dentro del Rango de Pruebas Rango de Salida : -10 a -80dBm Impedancia de Entrada : 50 ohms, desbalanceada	Características de AGC del Receptor
Medidor de Potencia (Figura 3.25)	Rango de Frecuencia : Dentro del Rango de Pruebas Rango de Medición : -10 a +10dBm Impedancia de Entrada : 50 ohms, desbalanceada	Potencia de Salida del Transmisor / Nivel de la señal local
Medidor de Nivel de IF (Figura 3.26)	Rango de Frecuencia : Banda de 140 MHz Rango de Medición : -60 a +10dBm Impedancia de Entrada : 75 ohms, desbalanceada	Nivel de Salida de IF del Receptor
Contador de Frecuencia (Figura 3.25)	Frecuencia : Dentro del Rango de Pruebas Exactitud : $1 \times 10^{-7}$ Impedancia de Entrada : 50 ohms, desbalanceada Nivel de Entrada : -20 a +5dBm	Frecuencia Local de TX / RX
Atenuador de RF (Tipo Coaxial)	Rango de Frecuencia : Dentro del Rango de Pruebas Atenuación : 30dB Impedancia VSWR : 50 ohms, desbalanceada : Mejor que 1.2 Consumo de Potencia : Mayor de 10W	Potencia de Salida del Transmisor / Características del AGC del Receptor, Frecuencia Local de TX / RX
Analizador de Enlaces de Microondas (Figura 3.26 y Figura 3.27)	Rango de Frecuencia : $140 \pm 20$ MHz Nivel de Salida : -50 a +5dBm Nivel de Entrada : -30 a +10dBm Impedancia de Entrada : 75 ohms, desbalanceada Impedancia de Salida : 75 ohms, desbalanceada	Respuesta de Amplitud de IF a IF / Confirmación del Retardo de Grupo

Para realizar dichas pruebas es necesario poner en estado de mantenimiento el sistema en prueba a través del LCT.

La gestión, configuración y monitoreo de niveles del equipo de radio SDH puede ser verificado con el LCT y ser usadas como referencia, por lo tanto, estos equipos no son necesarios para las tareas de mantenimiento normal. El uso de estos equipos se vera en el Capitulo VI.

### 3.4 Medición de BER

Como complemento a la verificación del Comportamiento se realiza la prueba de BER de todo el sistema, por ejemplo si se trata de probar el sistema 1, pues la prueba de BER consiste en probar toda la ruta realizando los pasantes correspondientes en todas las estaciones terminales, con loop en la estación final.

En la prueba de BER se puede verificar todos los errores que puedan ocurrir, es lógico que para una instalación nueva dicha prueba debiera verificar cero errores. Dicha prueba se realiza en un tiempo mínimo de 24 horas para certificar la operatividad correcta del sistema en prueba. A partir de dicha certificación el sistema esta en condiciones de transportar el STM-1 de una manera segura.

El equipo de medición de BER debe ser aquel que cumpla los rangos y parámetros según la Tabla 3.10, a continuación el equipo usado para las pruebas de BER en mi experiencia:



Figura 3.29 Medidor de BER MP1550A, Anritsu

Tabla 3.10 Equipo de Medición

Equipo de Prueba	Características Requeridas	Verificación Aplicable
Conjunto de Pruebas de Ruido e Interferencia	Rango de Frecuencia : 140 ± 20MHz Nivel de Salida : -50 a +5dBm Nivel de Entrada : -30 a +10dBm Impedancia de Entrada : 75 ohms, desbalanceada Impedancia de Salida : 75 ohms, desbalanceada	Medición de BER
Analizador de Sistemas Digitales / SDH	<u>Eléctrica (STM-1)</u> Tasa de Bits : 155.52 Mbps Nivel / Forma : 1Vp-p / CMI (UIT-T G.703)	Medición de BER
	<u>Eléctrica (C-4)</u> Tasa de Bits : 139.264 Mbps Nivel / Forma : 1Vp-p / CMI (UIT-T G.703)	
	<u>Óptica</u> Tasa de Bits : 155.52 Mbps Forma : NRZ Longitud de Onda : 1310 nm Nivel de Transmisión : -8 a -15 dBm Nivel de Recepción : -8 a -33 dBm	
	Medición de Errores (STM-1, OPT): B1, B2	
	Medición de Errores (C-4): E-bit	

## CAPITULO IV

### REPLANTEO DEL ENLACE DE MICROONDAS – AMPLIACIONES

#### 4.1 Diseño básico para la instalación de la red de microondas.

Se realizara la descripción del método de diseño que se ha empleado para el sistema instalado en este proyecto, describiéndose los objetivos de comportamiento recomendados por la UIT, Especificación de la Calidad de Transmisión de la Red y del Equipo, Objetivo de Características de Error en un Sistema de Radio Enlace Digital SDH STM-1 y Calculo de Comportamiento del Sistema.

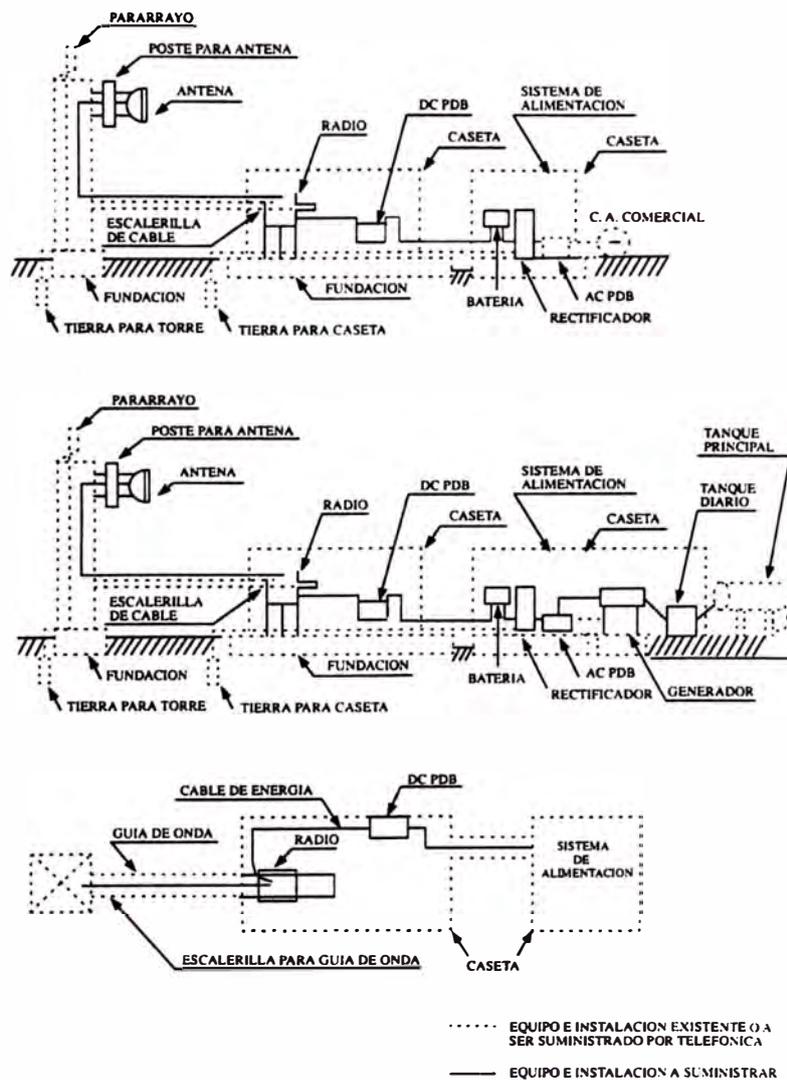


Figura 4.1 Diagrama Típico de Instalación para Sistemas de Microondas

#### 4.1.1 Especificación de la Calidad de Transmisión de la Red y del Equipo.

El sistema de microondas suministrado por el fabricante esta diseñado basándose en los valores especificados por las recomendaciones de la UIT.

A continuación se describen las condiciones de diseño de los equipos, que se utilizaron para realizar el diseño de todo el sistema:

a) Condiciones Ambientales.

La red de microondas suministrados, han sido instalados en zona de montaña (MO).

Temperatura: 0°C a 50°C

Humedad relativa de 51% a 95% a una temperatura de 35°C

Altitud máxima de 5200 msnm

b) Disposición de los canales de radio frecuencia:

Recomendaciones UIT F.383-6 ANNEX1 (Frecuencia Central  $f_0 = 6175\text{MHz}$ ). Ver Figura 5.4

c) Características de los equipos:

Se muestran en las Tablas de Características del Sistema. Ver Tabla 3.3

d) Voltaje del suministro de potencia de cada equipo de radio de -36V DC a -75V DC. Ver Tabla 3.8

#### 4.1.2 Objetivo de Características de Error.

A continuación los Objetivos de Características de Error en un Sistema de Radio Enlace Digital SDH STM-1.

a) Objetivos de Extremo a Extremo para la Velocidad STM-1 según UIT-T G.826

La UIT-T ha elaborado su Recomendación G.826 sobre los parámetros y objetivos de características de error para trayectos digitales internacionales a la velocidad binaria constante igual o superior a la velocidad primaria. Estos trayectos pueden estar basados en una red de transporte SDH, PDH u otra.

El objetivo de extremo a extremo para un Trayecto Digital Hipotético de Referencia (HRDP) del sistema a la velocidad STM-1 (155.52 Mbps) especificado en la G.826 es el siguiente:

ESR : 16%

SESR : 0.2%

BBER : 0.02%

Donde: ESR, SESR y BBER: Relación del número de los respectivos eventos (ES, SES y BBE) al total de los respectivos segundos o bloques de tiempo disponible durante un intervalo de medición fijo.

- ES (Segundo con Error): Periodo de un segundo con uno o más bloques en error.
  - SES (Segundo con Error Severo): Periodo de un segundo que contiene 30% o más de bloques con error o al menos un Periodo Severamente Disturbado (SDP).
  - BBE (Error de Bloque de Fondo): Bloque con error que no ocurre como parte de SES.
- b) Distribución de los Objetivos de Características de Error G.826 para un HRDP de 2500Km.

Por cuanto es necesario que el comportamiento de un sistema de radio enlace digital cumpla con los objetivos de comportamiento de extremo a extremo establecidos en la G.826 de la UIT-T, los objetivos para la parte internacional deben ser establecidos al menos provisionalmente para un Trayecto Digital Hipotético de Referencia (HRDP) según lo especificado en la REC. 556 de la UIT-R.

Un Trayecto Digital Hipotético de Referencia (HRDP) de 2500Km según lo especificado en la Rec. 556 de la UIT-R forma parte de la categoría de alto grado en la configuración digital hipotética de referencia de 27000Km (HRX) especificada en la G.521 de la UIT-T, el HRDP debe ser tratado como parte integrante de la porción internacional del HRP especificado en la G.826 de la UIT-T.

La distribución de los objetivos señalados en la G.826 al HRDP de 2500Km es muy compleja por falta de guía en la G.826 sobre la subdivisión de los objetivos entre transmisión, conmutación y multiplexación. Tampoco existe una guía sobre la subdivisión de la tolerancia de bloque para países de tránsito. Por consiguiente, a fin de simplificar las recomendaciones sobre los sistemas de radio enlaces, pero con miras a establecer los objetivos de comportamiento más severos, se asignara al trayecto de 2500Km un 5% de los objetivos de extremo a extremo. Esto está basado en el uso de la regla de distribución de 1% por 500Km.

En consecuencia, el objetivo de características de error para cada sentido de un trayecto de radio digital de 2500Km de largo que forma parte de la porción internacional de un HRP de 27000Km según lo definido en la G.826 de la UIT-T, será lo siguiente:

ESR : 0.8%

SESR : 0.01%

BBER : 0.001%

Generalmente el parámetro de error mas critico es el objetivo de SESR, y una vez cumplido el objetivo de SESR para un sistema con una determinada longitud de salto, los otros objetivos de ESR y BBER quedarán satisfechos.

#### 4.1.3 Calculo de Comportamiento del Sistema

- Calculo de perdida de espacio libre:

$$A_0 = 92.4 + 20\log(f) + 20\log(d)$$

Donde:

$A_0$  en dB

$d$ : Longitud de trayecto (Km.)

$f$ : Frecuencia de Operación (GHz)

- Calculo de perdida de alimentadores:

$$A_1 = (L_A + L_B)x \text{ (Atenuación de Guía de Onda)}$$

Donde:

$A_1$  en dB

Atenuacion de Guía de Onda en dB/m

$L_A, L_B$ : Longitud de la Guía de Onda de Estación A y B respectivamente.

El factor de ocurrencia de desvanecimientos planos viene dado por la siguiente expresión según el Rep. 338-6 de la UIT:

$$Pr = KQf^B d^C$$

Donde:

$Pr$ : Factor de ocurrencia de desvanecimientos planos

$d$ : Longitud de trayecto (Km.)

$f$ : Frecuencia (GHz)

$K$ : Factor dependiente de las condiciones climáticas.

$Q$ : Factor dependiente de las condiciones topográficas.

Utilizando valores experimentales para estos parámetros de acuerdo a la región, según el Rep. 338-6 de la UIT, tenemos:  $B=1$ ,  $C=3$ , y

$$KQ = \frac{Ax10^{-5}}{S_1^{1.3}}$$

Donde:

$S_1$ : Rugosidad del terreno ( $6m \leq S \leq 42m$ )

$A$ : Factor climático regional ( $KQ$ ) según se indica en la Tabla 4.1

La probabilidad que la proporción de bits erróneos exceda BER de  $1 \times 10^{-3}$  por causa de desvanecimientos planos, se calcula por la siguiente fórmula:

$$Pf(10^{-3}) = \Pr x \frac{W}{W_0}$$

Donde:

$W$ : Nivel de señal recibida para BER =  $10^{-3}$

$W_0$ : Nivel de señal recibida en ausencia de desvanecimientos.

Los cálculos de propagación se observa en el Anexo E.

Tabla 4.1 Valores empíricos de los parámetros (UIT Rep. 338)

$KQ$ para regiones climáticas marítimas moderadas, mediterránea, costera o de alta humedad y temperatura: "MT"	$\frac{4.1 \times 10^{-5}}{S_1^{1.3}}$
$KQ$ para región climática subtropical marítima: "MS"	$\frac{3.1 \times 10^{-5}}{S_1^{1.3}}$
$KQ$ para regiones climáticas de clima moderado continental o de interior a media latitud: "CT"	$\frac{2.1 \times 10^{-5}}{S_1^{1.3}}$
$KQ$ para regiones climáticas montañosas muy secas: "MO"	$\frac{10^{-5}}{S_1^{1.3}}$

## 4.2 Sistema de Protección y Energía de Respaldo.

Las estaciones de Enlaces de Microondas están ubicadas ya sea en los extremos terminales (Centrales en Ciudades) o Cerros (Zonas Rurales) con línea de vista a dichas ciudades. Pero en ambos casos las antenas y equipos de comunicaciones están expuestos a: descargas eléctricas, corte de energía imprevistos, recalentamiento de los equipos y vandalismo. En tal sentido se realizara una descripción de lo que se debe tener en cuenta al respecto:

### 4.2.1 Pararrayos.

Para proteger de descargas eléctricas los elementos montados en la torres (Antenas, Odu's y soportes) es necesario instalar un pararrayos Tipo Franklin (Tetra puntal) en la

parte superior de la torre, el cual debe estar conectado directamente a tierra. (Figura 4.1 y 4.2)

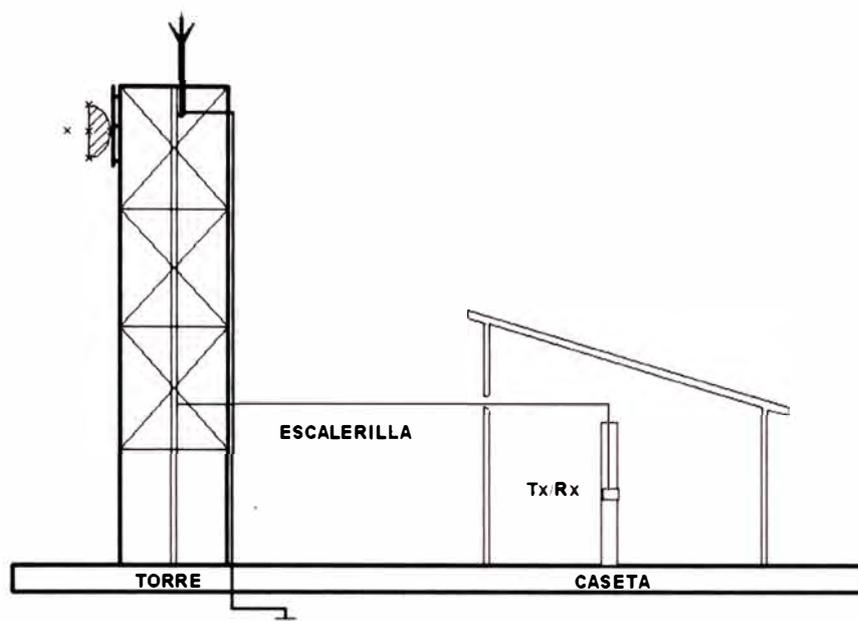


Figura 4.2 Diagrama con Pararrayo tipo Franklin

El aterramiento de la torre, guía de onda y equipos internos (Ver Figura 4.13) se realiza de manera independiente al aterramiento del Pararrayo.

#### 4.2.2 Energía de Respaldo.

El sistema de alimentación lo clasificamos en tres tipos:

- a) Equipo de Alimentación de DC derivado de la Energía de la red de AC y con respaldo de Grupo Electrónico Diesel de Reserva Simple.

El cargador de batería recibe normalmente energía de la red de AC a través del panel de transferencia automática del grupo electrónico diesel de reserva simple y luego distribuye dicha energía al rectificador, quien suministra energía DC a los equipos de comunicaciones, mientras simultáneamente se realiza la carga del banco de baterías. (Figura 4.3)

En caso de falla de energía de la red AC, se suministra energía DC sin interrupción a los equipos de comunicaciones a través de descarga de baterías.

Simultáneamente, el motor generador de reserva arranca automáticamente y suministra energía desde la salida del generador al cargador de baterías.

Este tipo es el que se usa en Estaciones de Microondas Terminales en Centrales (Ciudades), para nuestra implementación corresponde a Trujillo y Cajamarca.

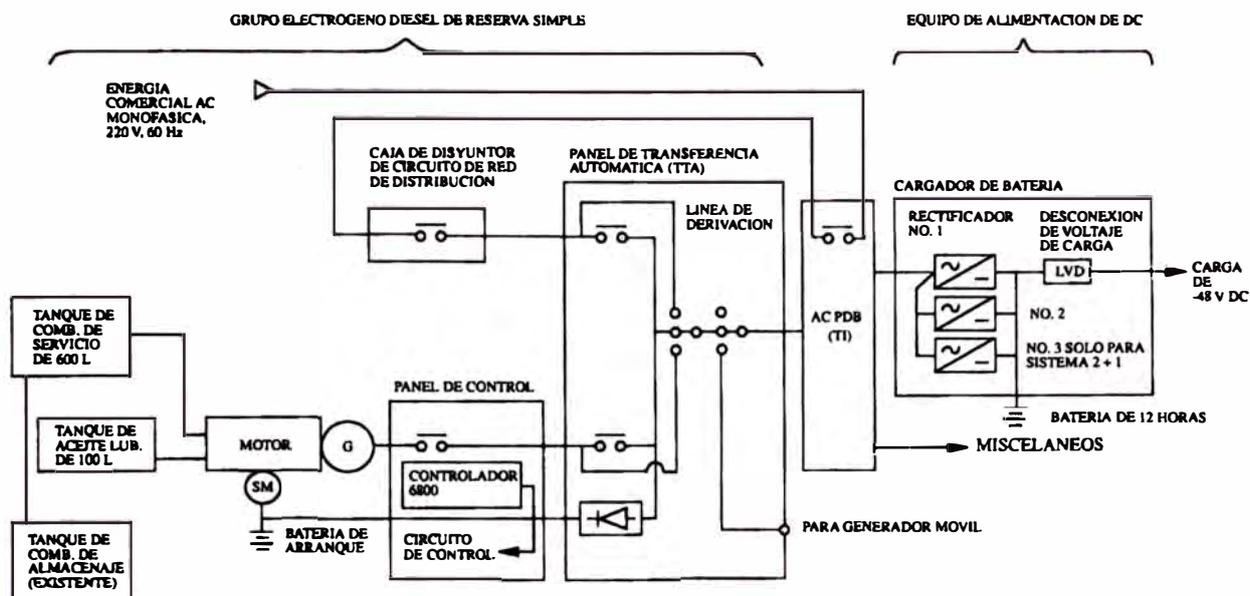


Figura 4.3 Diagrama Esquemático para Grupo Electrógeno Diesel de reserva simple y Equipo de Alimentación de DC

b) Equipo de Alimentación de DC derivado del Grupo Electrógeno Diesel Primario Dual donde la energía de red AC no esta disponible o es inestable.

Un motor generador actúa como un conjunto de servicio y suministra la carga, mientras el otro actúa como reserva automática. El cargador de batería normalmente recibe la potencia de salida del generador a través del panel de transferencia automática del grupo electrógeno diesel primario dual y luego suministra energía al rectificador DC quien suministra energía DC a los equipos de comunicaciones, mientras simultáneamente se realiza la carga del banco de baterías. (Figura 4.4)

A intervalo regular de 24 horas, ajustable hasta 168 horas (7días), un temporizador conmuta el servicio, de manera que el conjunto en funcionamiento se detiene y entra en reserva; y el conjunto que estaba en reserva entra en servicio. Pues cuando se interrumpe la potencia de salida del generador debido a la conmutación, se suministra energía DC sin interrupción a los equipos de comunicaciones a través de la descarga de las baterías.

Este tipo es el que se usa en Estaciones de Microondas Terminales y/o Repetidores en Cerros (Zonas Rurales), para nuestra implementación corresponde a Cerro Ragache (Departamento de La Libertad) y Cerro Agopiti (Departamento de Cajamarca).

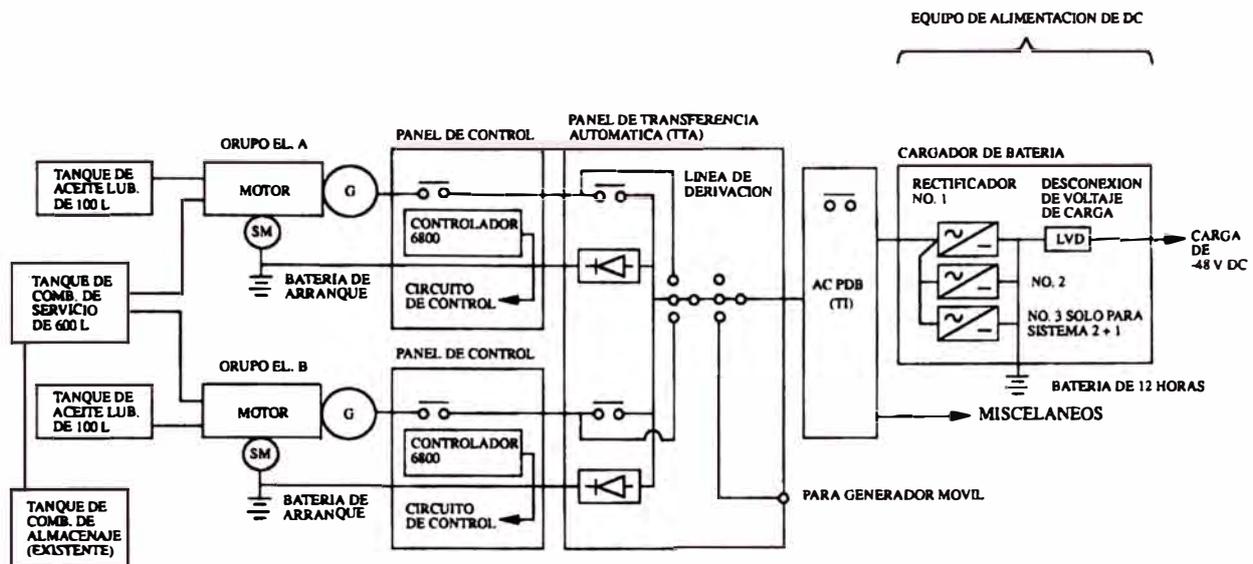


Figura 4.4 Diagrama Esquemático para Grupo Diesel Primario Dual y Equipo de Alimentación de DC

c) Sistema de energía Solar.

Durante la claridad del sol, el conjunto de módulos solares convierte la luz solar a energía DC que es suministrada a la carga mientras esta cargando el banco de baterías. Cuando un nivel de carga sube a un valor impedido, un circuito de protección de sobrecarga opera para proteger las baterías contra sobrecarga.

Si la célula solar no produce energía suficiente por causa de la baja de luz solar, el banco de baterías entrega corriente a la carga. El banco de baterías se dimensionara para suministrar corriente con una autonomía de 7 días sobre las condiciones especificadas.

Si el banco de baterías mantiene carga con larga duración y sus voltajes bajara de un nivel seteado, el banco de baterías se desconecta automáticamente de la carga; esta función se provee para prevenir la sobre descarga del banco de baterías, lo cual disminuirá el tiempo de vida de las mismas. (Figura 4.5)

Este tipo es el que se usa en Estaciones de Microondas Terminales y/o Repetidores en Cerros (Zonas Rurales), sin embargo en lo que corresponde al Cerro Ragache y Cerro Agopiti, este sistema tuvo que ser retirado porque estaba sujeto a actos vandálicos y a pesar de poner personal de seguridad el robo era bastante frecuente.

En tal sentido este tipo se suele implementar en lugares no aislados o desolados en los cuales también se cuentan con otras instalaciones como por ejemplo: Instituciones

Policiales, Militares, Minas, e inclusive otras empresas proveedoras de servicio de Telecomunicaciones.

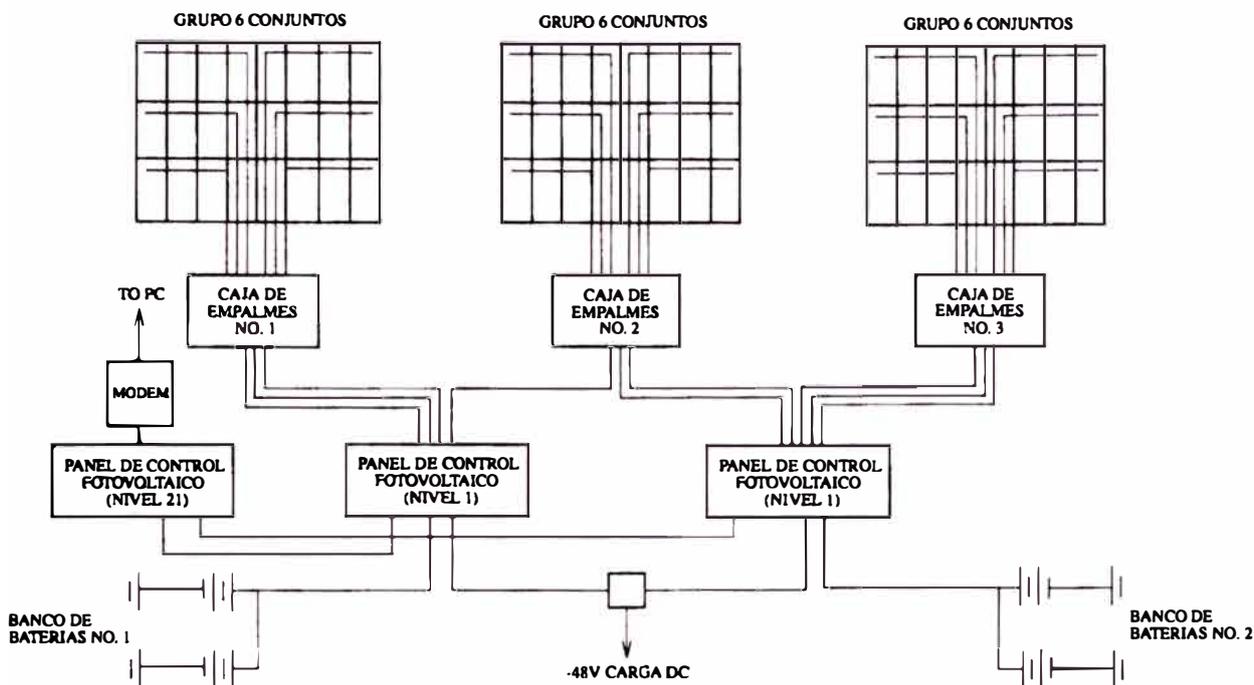


Figura 4.5 Diagrama Esquemático del Sistema de energía Solar

### 4.2.3 Aire acondicionado.

Mantener ventilados los Equipos de Microondas también es bastante importante para mantenerlos siempre en su punto de operación óptimo; principal cuidado se debe tener con los equipos transmisores que traen disipadores de calor muy grandes, los cuales se llegan a quemar si no se les mantiene convenientemente refrigerados (Temperatura de Operación). Pues las Casetas de Telecomunicaciones deben diseñarse para garantizar estas condiciones de temperatura y circulación de aire. En lugares donde la temperatura ambiente es muy frío como es el caso de zonas de la Sierra del Perú, bastara con diseñar rejillas que permitan ingresar el aire frío del ambiente exterior a la Sala de Telecomunicaciones y un extractor de aire que expulse el aire caliente al exterior; en lugares donde la temperatura ambiente es caliente como es el caso del Norte y de la Selva del Perú, será necesario el uso de aire acondicionado y se debe calibrar para mantener la temperatura de operación óptima de los Equipos de Microondas. El consumo de energía adicional para el aire acondicionado debe ser considerado al dimensionar la carga del

Sistema de Energía que alimentara los nuevos Equipos de Microondas y ampliaciones posteriores.

En nuestra implementación se considera aire acondicionado en la Central de Trujillo; mientras que en el Cerro Ragache, Cerro Agopiti y Central Cajamarca solo ventilación con extractores de aire.

#### **4.2.4 Seguridad.**

La seguridad de las Estaciones de Microondas debe formar parte de la planificación en toda empresa que brinda Servicios de Telecomunicaciones, pues de esa manera se puede garantizar el funcionamiento interrumpido de los Equipos de Microondas, Sistemas de Energía y Operación confiable del sistema de Protección.

Es cierto que a través de los equipos del SDH se pueden monitorear diferentes alarmas tanto internas como externas, esto no evita algún siniestro o vandalismo de las instalaciones.

El Área encargada de la Seguridad e Inmobiliaria de las Estaciones y Equipos de Microondas deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Las Casetas de Telecomunicaciones deben estar diseñadas de acuerdo a las condiciones climáticas para asegurar el trabajo correcto de los equipos de Microondas, al mismo tiempo considerar la protección del ingreso de roedores, aves e insectos que suelen anidar entre los Equipos de Microondas debido al calor que estos emiten.
- Cerco perimétrico de material noble, caseta de vigilancia y cerco eléctrico.
- Cámaras de seguridad en los accesos.
- Ingreso con lectores de banda magnética, teclados codificados y canal de voz que comunique con personal de seguridad en forma local y remota.
- Comunicación directa del personal de seguridad con los puestos policiales cercanos a cada estación para una oportuna intervención en el menor tiempo posible.

#### **4.3 Aplicación para dos terminales.**

Para el replanteo hay que considerar la planta existente, pues es sobre ella que se realizará las instalaciones nuevas y las posteriores ampliaciones.

Los resultados que se obtengan del replanteo serán de mucha utilidad para dimensionar los materiales, trabajos adicionales y presupuesto de la implementación, para tal fin tenemos:

- Medición de las coordenadas con ayuda de un GPS de alta precisión al pie de las torres donde se montaran las antenas del radio enlace de microondas.
- Ubicación de las antenas en las torres existentes, esto determinará los soportes que se deben fabricar para el montaje y apuntamiento de las antenas de las estaciones involucradas para realizar el radio enlace.
- Longitud de la guía de onda que se requiere en cada estación. Para ello se debe ubicar previamente el lugar donde estarán ubicados los bastidores de los equipos de radio de microondas. En ocasiones hay que prever escalerillas adicionales por donde debe pasar la guía de onda para los nuevos equipos.(ver Figura 4.5)
- Longitud del cable de energía desde el bastidor de los equipos hasta la fuente (Rectificador o PDB) de voltaje DC. Adicionalmente se debe considerar el cable de energía para el deshidratador de la guía de onda.
- Longitud del cable de aterramiento desde el bastidor de los equipos hasta la Barra de Tierra.
- Longitud de los cables STM-1 y WS desde el bastidor del equipo de radio de microondas hasta el bastidor DDF para las interconexiones a otros equipos, considerando el tipo Flex 6 para los STM-1 y Flex 5 para los WS.
- Tendremos que considerar dentro de los trabajos adicionales de ser necesario: Desmontaje de guías de onda sin servicio, Equipos obsoletos y sin servicio, así como los cables de alimentación, protección y de interconexión que ya no son utilizados; estas consideraciones son de mucha importancia pues todo material fuera de servicio incomoda las nuevas instalaciones. También se debe considerar como trabajo adicional las modificaciones en las obras civiles que se requieran, como ampliación de ambientes y apertura de boquetes para ingresar las nuevas guías de onda.

Pues vamos a considerar el replanteo en la Estación Cerro Agopiti desde donde sale un enlace hacia Cajamarca y considerar lo mencionado anteriormente.

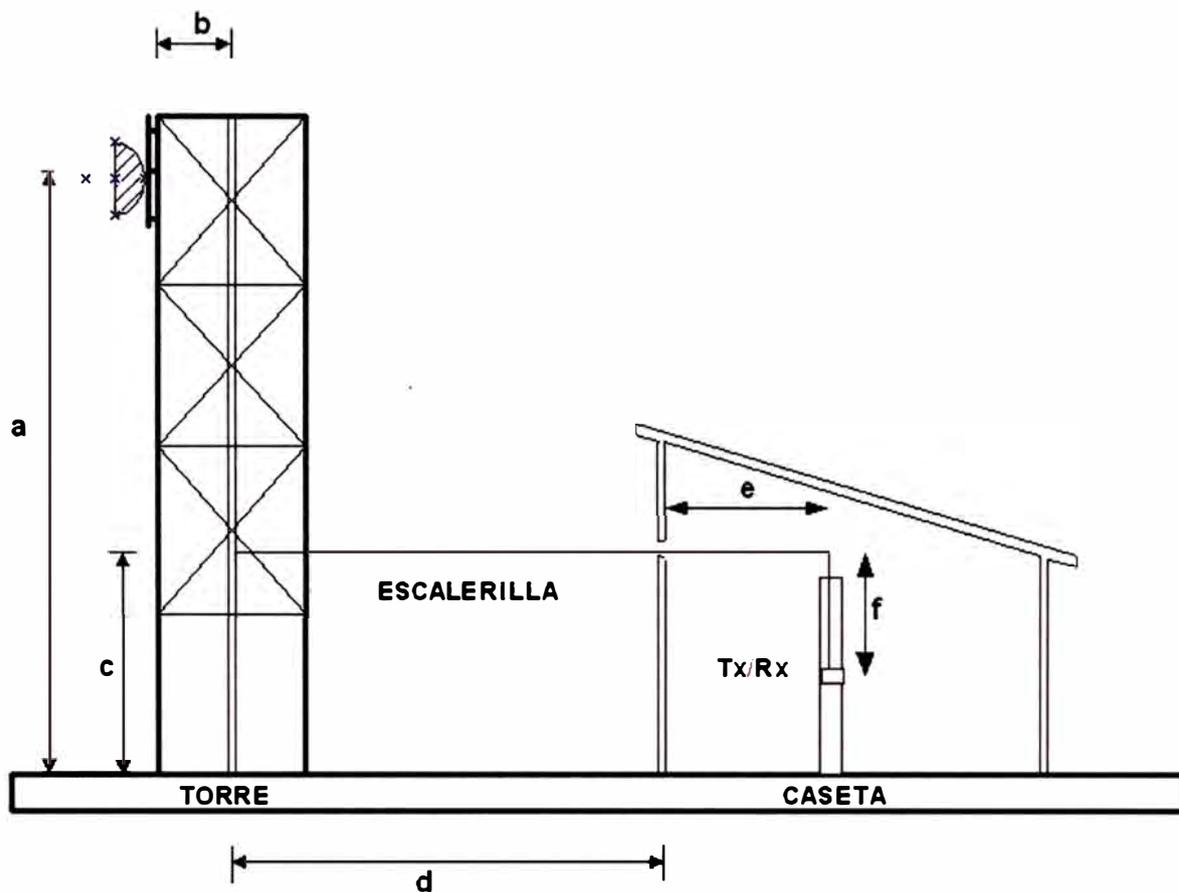
De acuerdo a las alturas definidas para las antenas y por el tipo de torre se manda a construir los soportes de las antenas, los soportes ya están estandarizados para todo tipo de torre, tamaño y tipo de antena.



Figura 4.6 Vista de Torre existente en el Cerro Agopiti. Ver Figura 5.3



Por otro lado también tenemos la ubicación de los bastidores en la sala de equipos (Figura 4.7), en este sentido procedemos a llenar los datos de acuerdo al siguiente esquema:



$a$  = Altura de la antena a ser instalado  
 $L$  = Longitud total de recorrido del cable alimentador  
 $L = a + b - c + d + e + f$   
 M.S. = Margen de seguridad  
 $L.T = L + M.S. = \text{Longitud total}$

Figura 4.8 Esquema para el calculo de la longitud de guía de onda en una estación.



Figura 4.9 Trabajo Adicional, se requiere ampliación de escalerilla horizontal y apertura de boquete adicional para el paso de la nueva guía de onda.



Figura 4.10 Vista de Rectificador Emerson y banco de baterías.

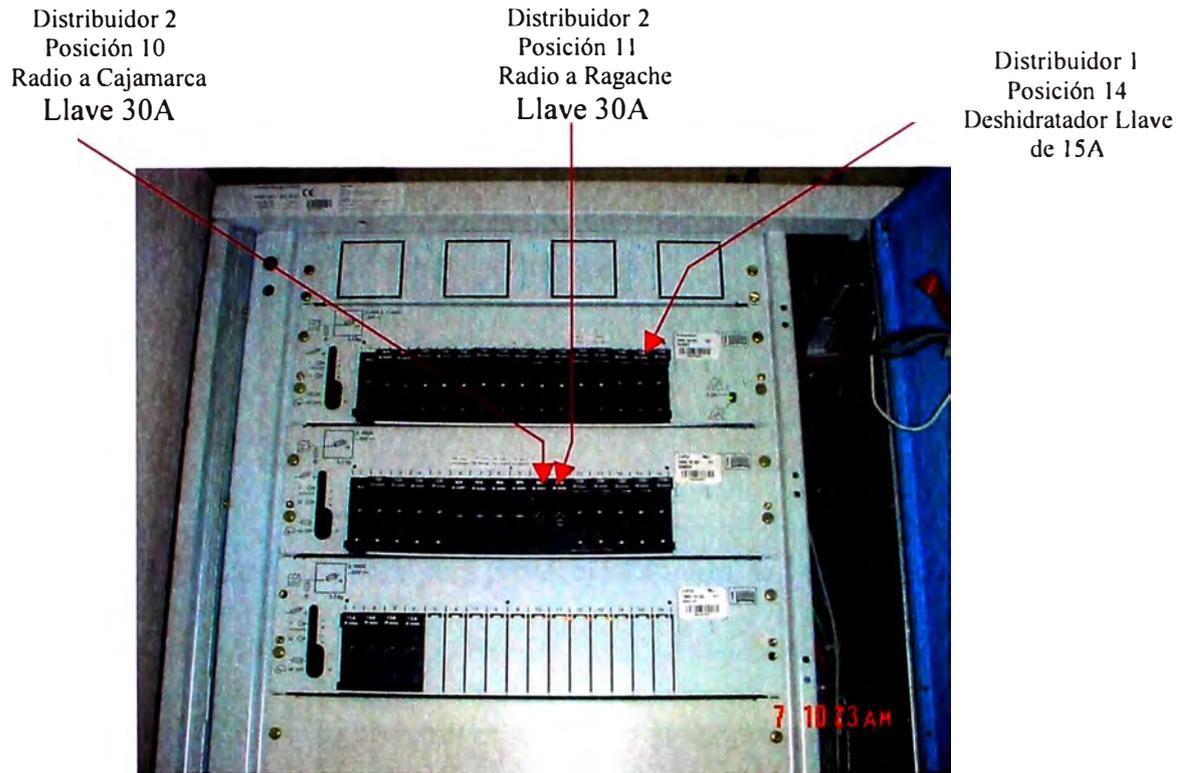


Figura 4.11 Selección de Breakers en Rectificador Emerson.



Figura 4.12 Espacio asignado para el nuevo bastidor SDH 3000S



Figura 4.13 Barra de cobre para protección a tierra de los Equipos de Microondas

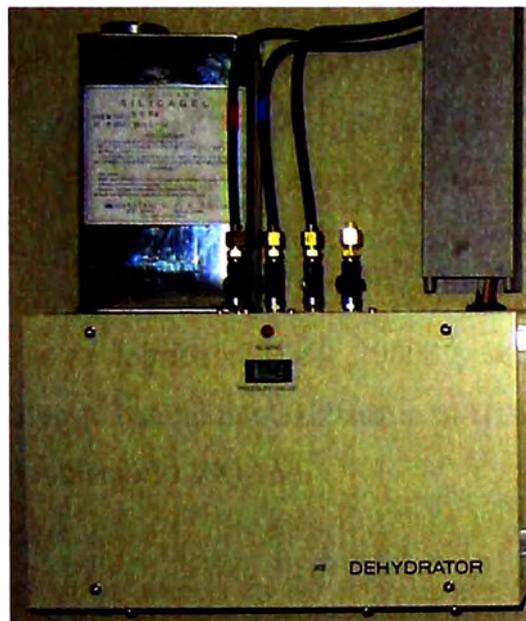


Figura 4.14 Deshidratador para la guía de onda del SDH 3000S

## **CAPITULO V**

### **IMPLEMENTANDO UN NUEVO ENLACE SDH – AMPLIACIÓN**

#### **5.1 Generalidades.**

La red de microondas de referencia es la que interconecta dos ciudades principales del Perú (Estación “A”: Ciudad de Trujillo y Estación “D”: Ciudad de Cajamarca), realizando dos saltos con equipos terminales (Estación “B”: Cerro Ragache y Estación “C”: Cerro Agopiti).

El sistema de microondas a desarrollar será instalado en las casetas e infraestructura existente, considerando también que ya existe un sistema SDH de microondas implementado con el DMR 2000S Sistema 3+1 en la banda de 5GHz según la UIT-R Rec.287-4 (Ver Figura 5.1). Este enlace usa la modulación 64QAM. El sistema SDH DMR 2000S fue implementado hasta el año 2004, el cual reemplazó al sistema PDH implementado en la década de los '90.

Pues a partir del 2005 ya no se fabrica el DMR 2000S y se decide realizar los nuevos enlaces con el DMR 3000S en la banda de 6GHz según la UIT-R Rec.F.383-6 ANNEX 1 (Ver Figura 5.3). Usando modulación 128QAM.

#### **5.2 Plan de enrutamiento:**

Los sistemas de microondas se instalaron en las estaciones existentes y la infraestructura para la instalación también fue la existente. Por esta razón no hubo ninguna construcción de torres nuevas. El enrutamiento del enlace implementado consta de una red de longitud total de 154.7 Km habiendo un salto de radio enlace cuya distancia es de 79.2 Km (con diversidad de espacio, con el objetivo de mantener una alta calidad en la transmisión).

La orientación de cada estación con respecto a la anterior como con la siguiente estación es en forma denominada azimut con respecto al norte real en cada punto. La disposición de ubicación entre la caseta, torre, antenas parabólicas en las torres, sala de energía, etc., han sido determinados de acuerdo a esta orientación.

En la Fig. 5.2 se muestran los datos de azimut de las direcciones de las estaciones vecinas.

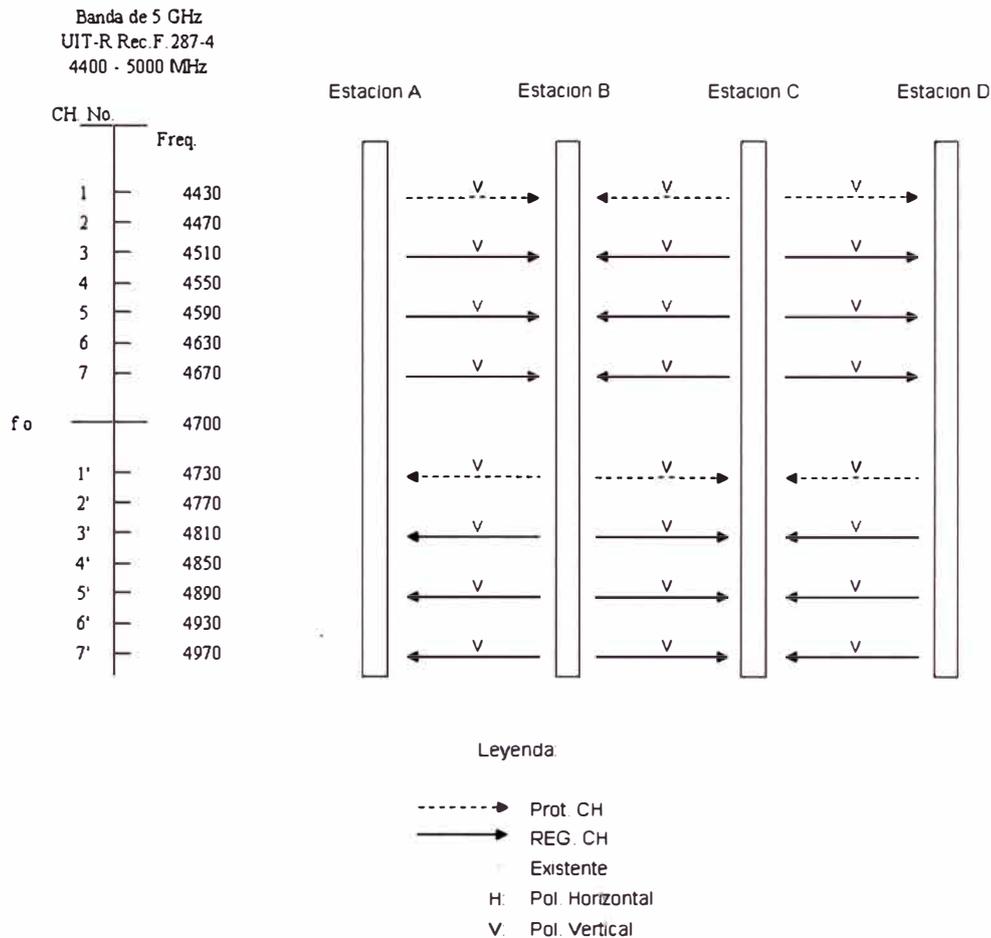


Figura 5.1 Plan de frecuencias SDH 2000S, Sistema 3+1

### 5.3 Determinación de las alturas de las antenas.

De acuerdo al replanteo realizado en sitio, se pueden determinar las ubicaciones y alturas de los lugares que pueden interferir a la propagación de las ondas radioeléctricas, haciendo posible el trazo de las cartas de perfiles. (ver Anexo D)

Para que la potencia emitida por la antena pueda llegar hasta la antena receptora con suficiente confiabilidad, se considera que debe tener línea de vista de acuerdo a las siguientes condiciones:

- a) Línea de vista libre con respecto al obstáculo para  $k = 4/3$ , debe ser mayor que el radio de la primera zona de Fresnel.
- b) Línea de vista libre con respecto al obstáculo para  $k = 2/3$ , debe ser mayor que  $2/3$  del radio de la primera zona de Fresnel.
- c) Línea de vista con respecto al obstáculo de la antena para diversidad de espacio (segunda antena) para el valor de  $k = 4/3$ , debe ser mayor que  $2/3$  del valor del radio de la primera zona de Fresnel.

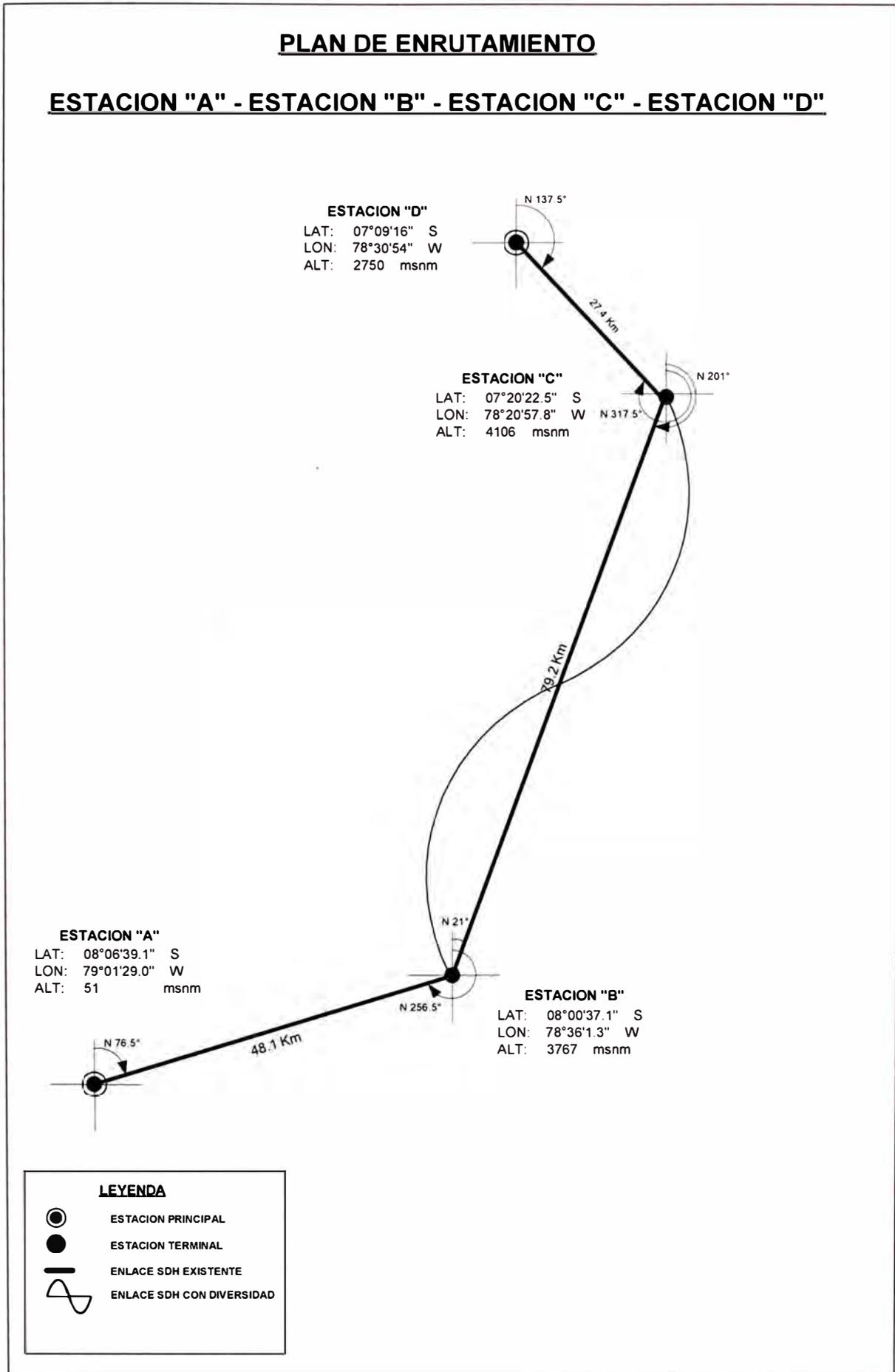


Figura 5.2 Plan de enrutamiento de Enlace: Estación "A" hacia Estación "D"

En la Figura 5.3 se muestran las alturas de las antenas calculadas para satisfacer las condiciones a), b) y c).

El valor de  $k$  a la que se hace referencia es llamado factor del radio de tierra equivalente y representa el efecto que produce la atmósfera en la propagación de las microondas, cuyo valor para la propagación de las microondas en una condición atmosférica normal es de  $k = 4/3$ .

#### 5.4 Asignación de Frecuencias.

Para los enlaces de microondas existen las bandas 2, 4, 5, 6, 7, 8 y 11GHz de acuerdo a las recomendaciones del UIT, en el caso de implementar nuestro enlace se ha dispuesto de la banda de 6GHz recomendada por UIT en su recomendación F.383-6 ANNEX1 y autorizada por el MTC.

Las frecuencias asignadas al enlace a implementar se muestran en la Figura 5.4 a la Figura 5.7

Para la asignación de frecuencias a cada estación, se debe tener en cuenta lo siguiente antes de su determinación:

- Asignar la separación mínima que necesitan los equipos con respecto a los canales adyacentes.
- La interferencia con respecto a las estaciones vecinas o con las estaciones de derivación.
- Evitar la interferencia de estaciones lejanas (over reach).
- Problemas de interferencia con las frecuencias que se utilizan en las estaciones o instalaciones existentes (Por eso se decidió por la banda de 6GHz, puesto que ya existía un enlace en la banda de 5GHz).

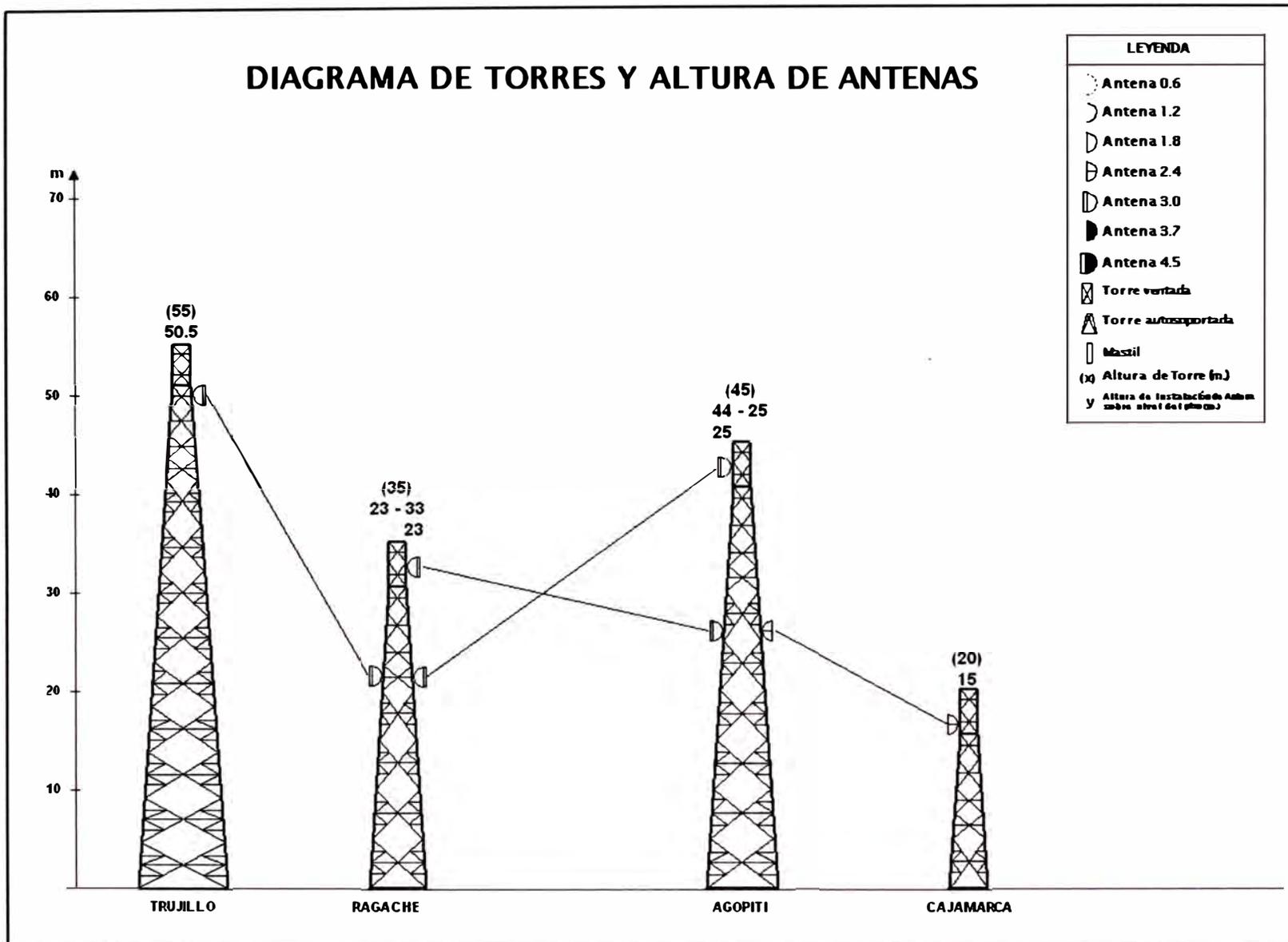


Figura 5.3 Altura de las Antenas

Plan de Frecuencias para dos STM-1 mas protección a implementar con el SDH 3000S en el año 2005, se eligió polarización vertical.

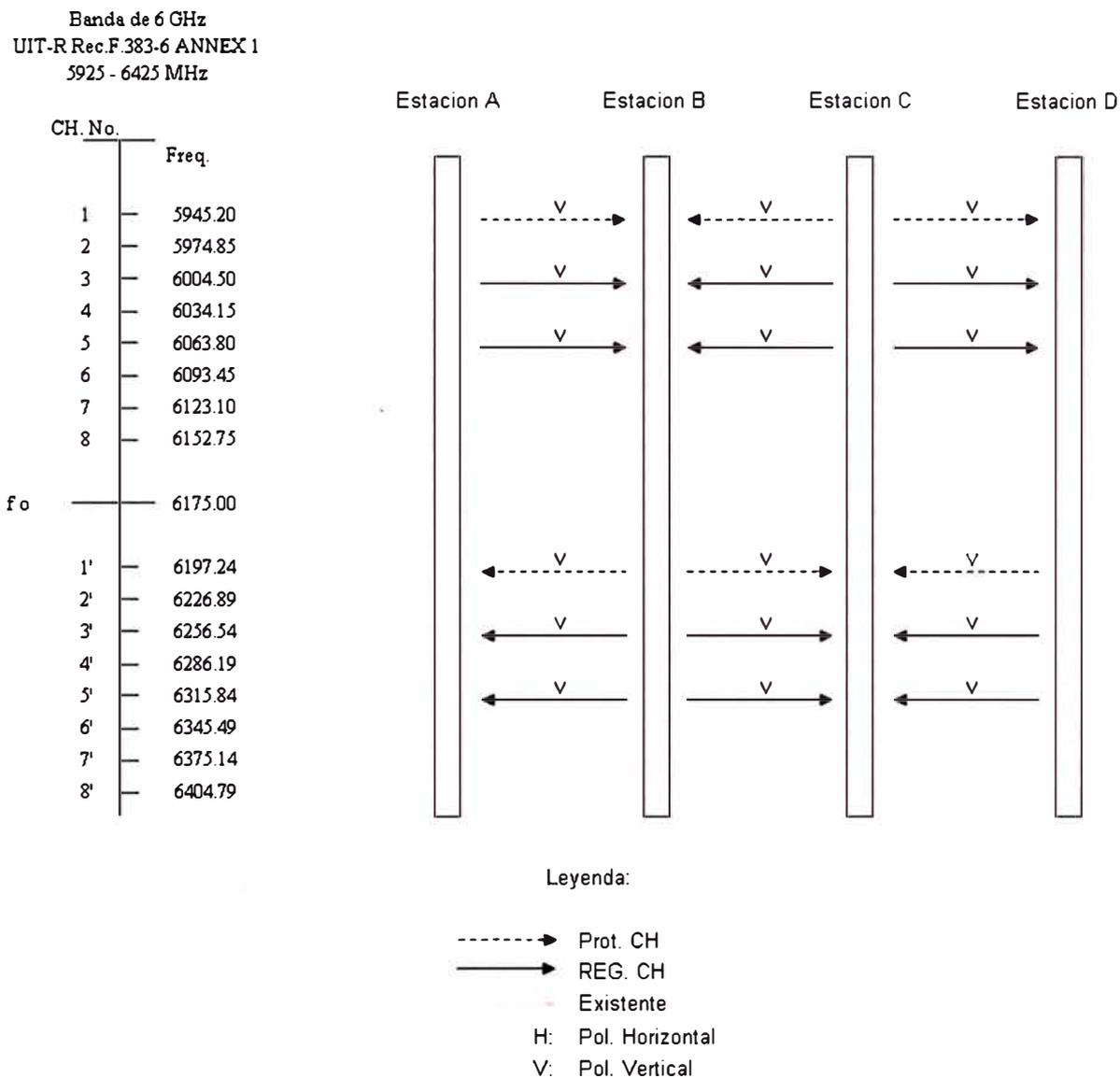


Figura 5.4 Asignación de Frecuencias para el enlace SDH STM-1, Sistema 2+1

Primera Ampliación (año 2007): Se requirió dos STM-1 adicionales, eso implica usar un bastidor adicional con otra guía de onda en la polarización horizontal, es decir el cuarto sistema STM-1 se adiciona al primer bastidor y el quinto sistema STM-1 al segundo bastidor (Nuevo).

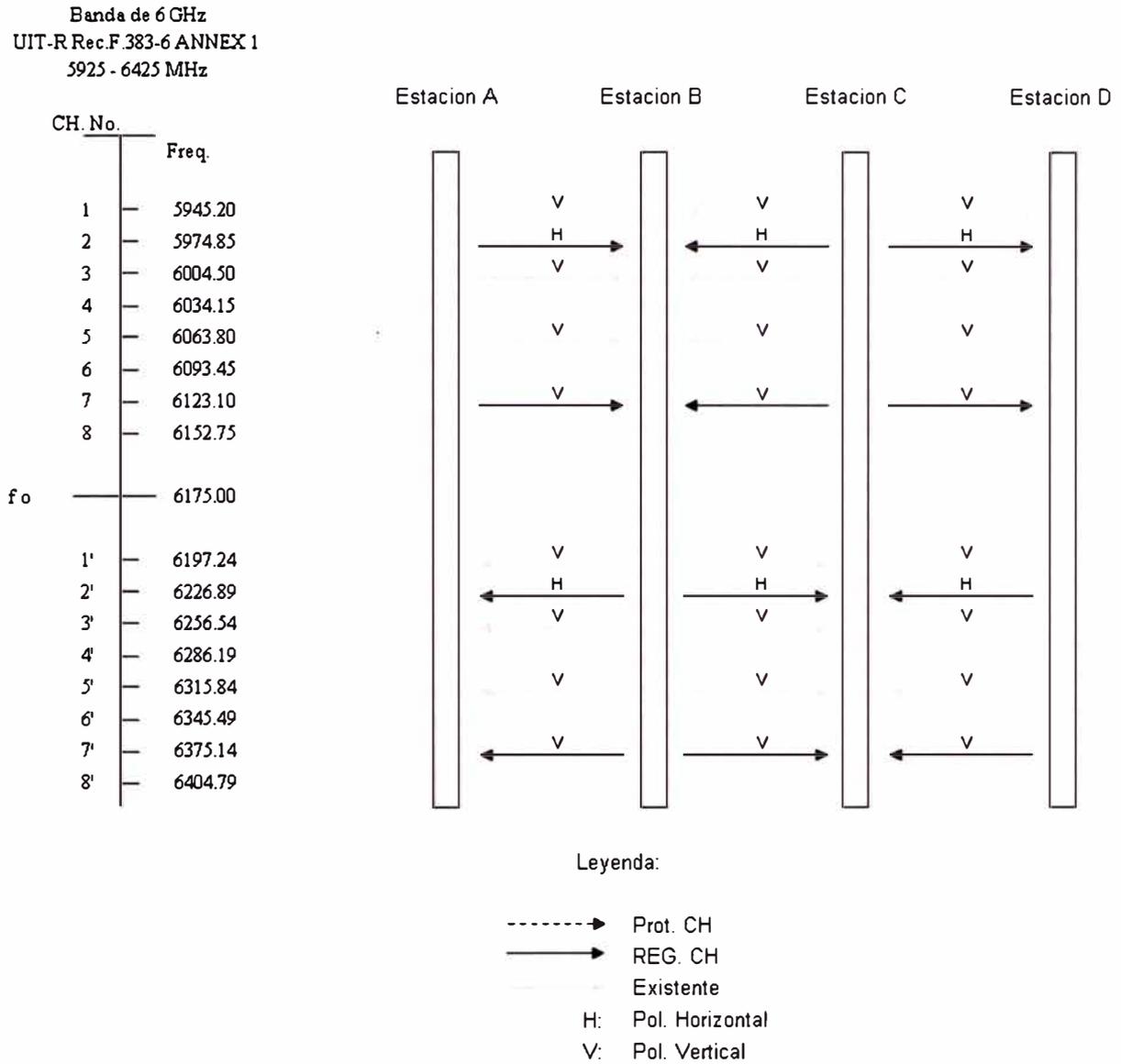


Figura 5.5 Asignación de Frecuencias para el enlace SDH STM-1, Sistema 4+1

Segunda Ampliación (año 2008): Se requirió dos STM-1 para el servicio de ADSL, para lo cual el sexto y séptimo sistema se adiciona al segundo bastidor.

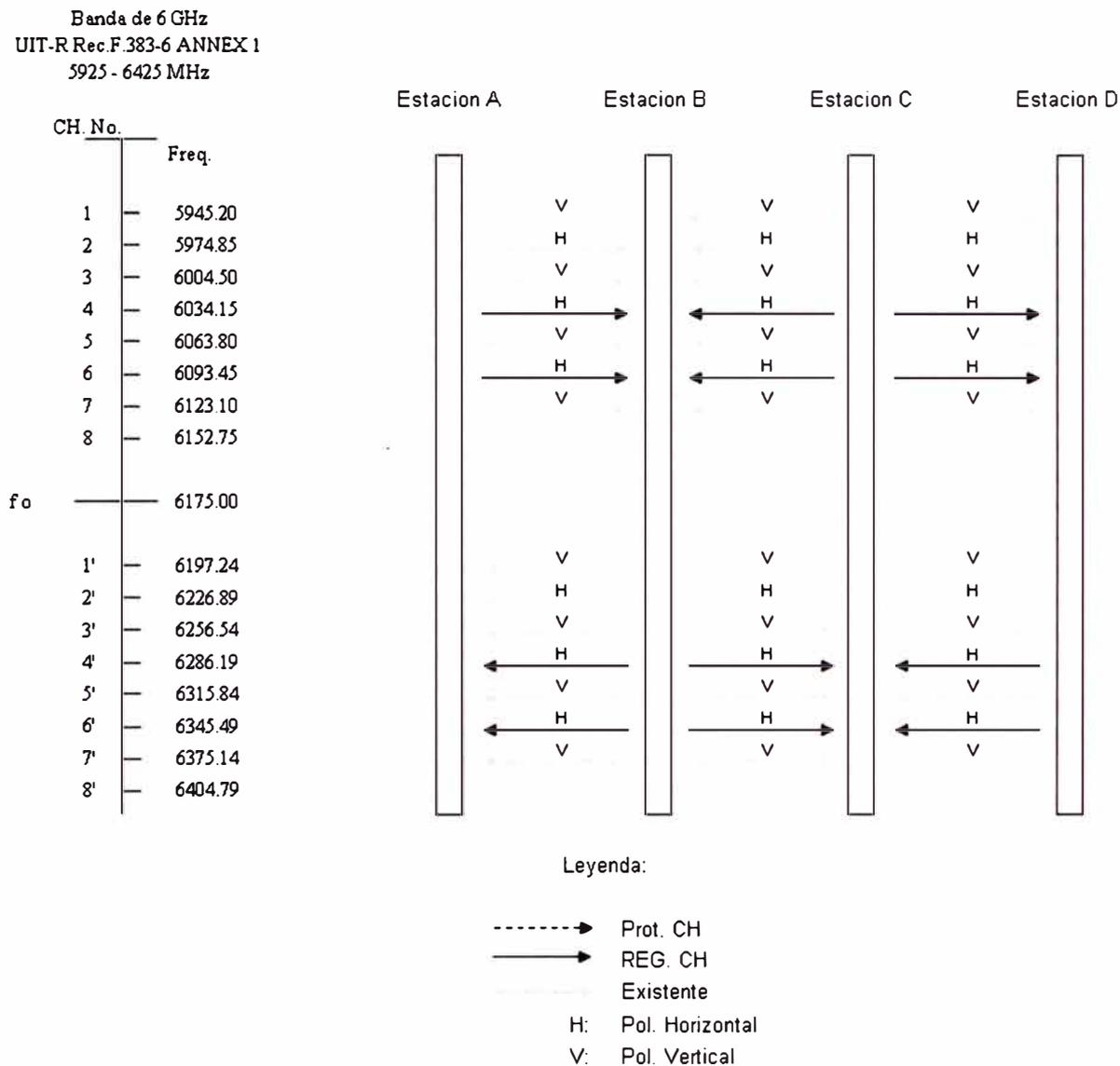


Figura 5.6 Asignación de Frecuencias para el enlace SDH STM-1, Sistema 6+1

## Configuración Final:

Banda de 6 GHz  
UIT-R Rec.F.383-6 ANNEX 1  
5925 - 6425 MHz

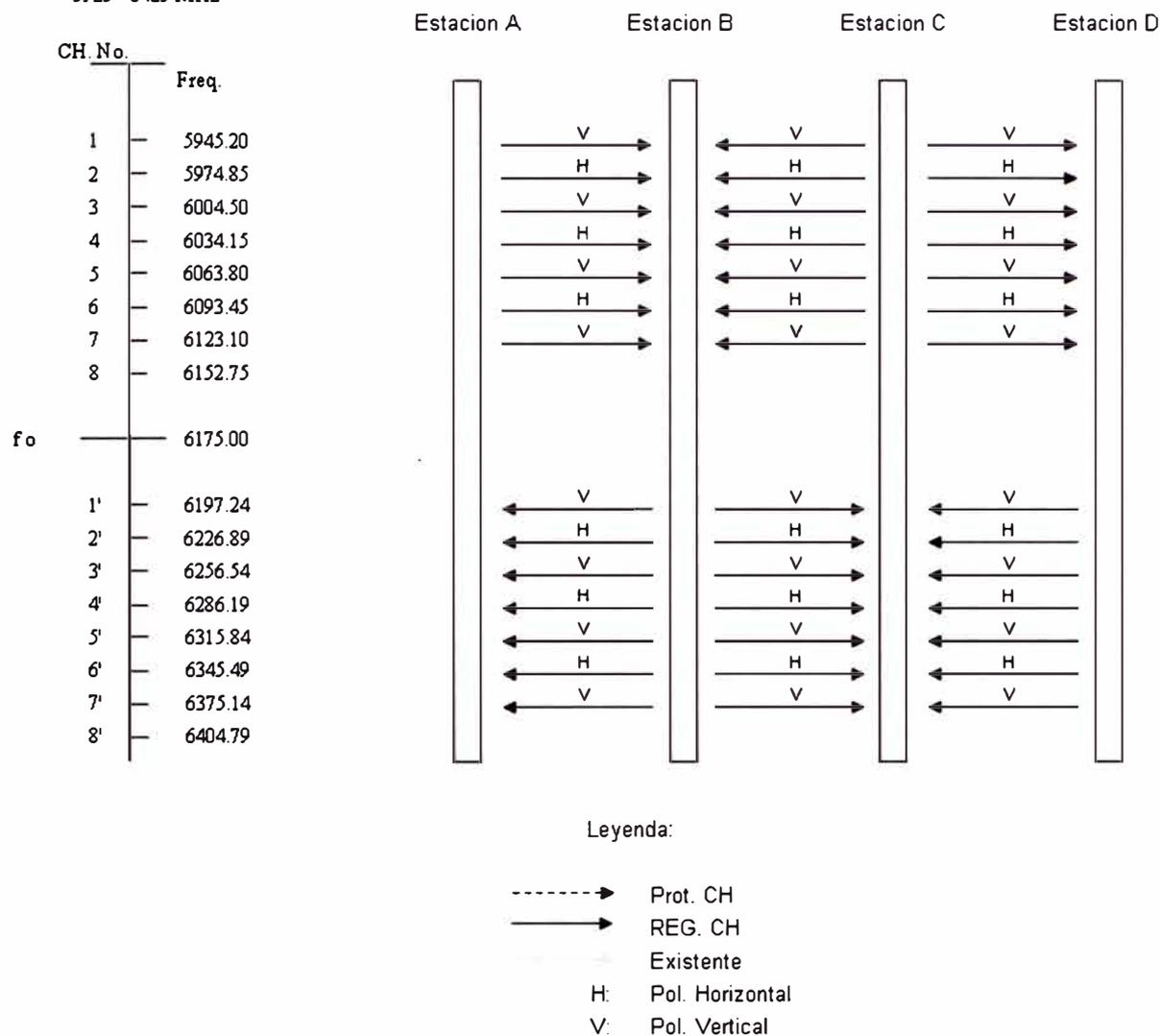


Figura 5.7 Asignación de Frecuencias Final con el que se transporta 6 STM-1 mas Protección desde Estación “A” hacia Estación “D”

## 5.5 Sistema de Supervisión.

La supervisión y gestión en forma remota de un sistema SDH es muy importante por los siguientes motivos:

- Centralizar la instalación de los equipos de supervisión en una sola área de trabajo con personal dedicado específicamente para esta función.
- Anticiparse a las posibles interrupciones del tráfico en cualquier enlace correspondiente a la red gestionada, identificando las alarmas previas antes de presentarse una avería en los equipos del extremo remoto.
- Realizar la medición periódica en forma remota de la performance del sistema SDH y de esa manera detectar cualquier degradación en el comportamiento del sistema sin interrumpir los medios de transmisión y sin utilizar instrumentos de medición.

En tal sentido, se planifica e implementa el sistema de la Figura 5.8 para supervisar la zona norte a la cual pertenece nuestro enlace:

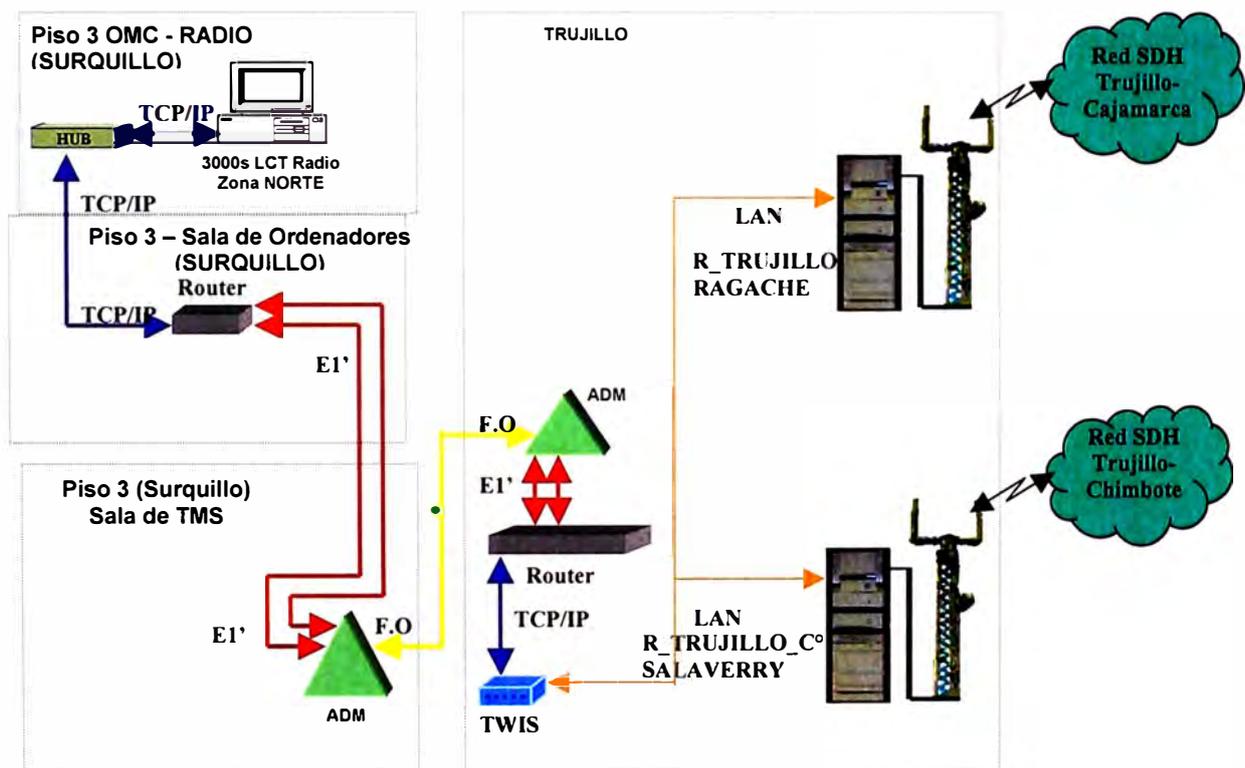


Figura 5.8 Sistema de Supervisión Zona Norte SDH NEC LCT 3000S

### 5.5.1 Ejemplo de Supervisión Remota.

Se requiere implementar un STM-1 para llevar servicio ADSL a Pucallpa y el medidor de BER indicaba errores excesivos, se decidió medir la performance en toda la ruta.

Para tener una visión mas clara de la prueba de BER realizada, para llegar con un STM-1 a Pucallpa se sigue la ruta siguiente: Cerro Oroya – Cerro Junín – Cerro Jaital – Cerro Pachamachay – Cerro San Cristóbal – Cerro Hatum Rumi – Cerro La Divisoria – San Alejandro – Km. 23 – Pucallpa.

Donde las diferentes estaciones están en diferentes departamentos del Perú:

Junín: Cerro Oroya y Cerro Junín

Pasco: Cerro Jaital

Huanuco: Cerro Pachamachay, Cerro San Cristóbal, Cerro Hatum Rumi y Cerro La Divisoria

Ucayali: San Alejandro, Km. 23 y Pucallpa

Definitivamente no resulta practico realizar las mediciones de performance en cada estación, ya que se requieren mucha horas para llegar a cada estación, por lo que usar el sistema de supervisión resulta practico para detectar el tramo con problemas.

Después de medir la performance tramo por tramo se detecto que el problema estaba entre el Cerro Oroya y el Cerro Junín.

A continuación se explicara paso a paso el uso del LCT para medir la performance en forma remota mediante el sistema de supervisión:

- Performance en el Demodulador del Sistema 2 de Cerro Junín. Pasos a seguir:
  - 1) Dada la siguiente ventana: Seleccionar del menú **PerformanceMonitor**

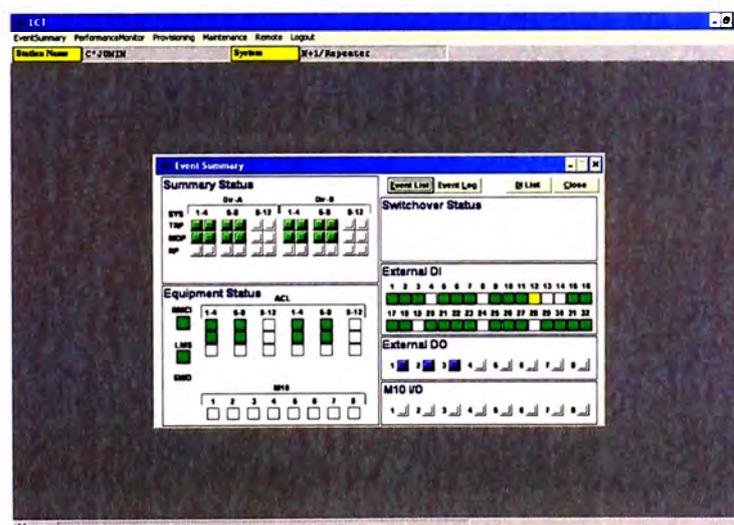


Figura 5.9

2) Seleccionar **SYS 2 Dir B** (Mirando a Cerro Oroya), En **Panel Select** debe estar seleccionado **DEM**. Hacer click en **Execute**.

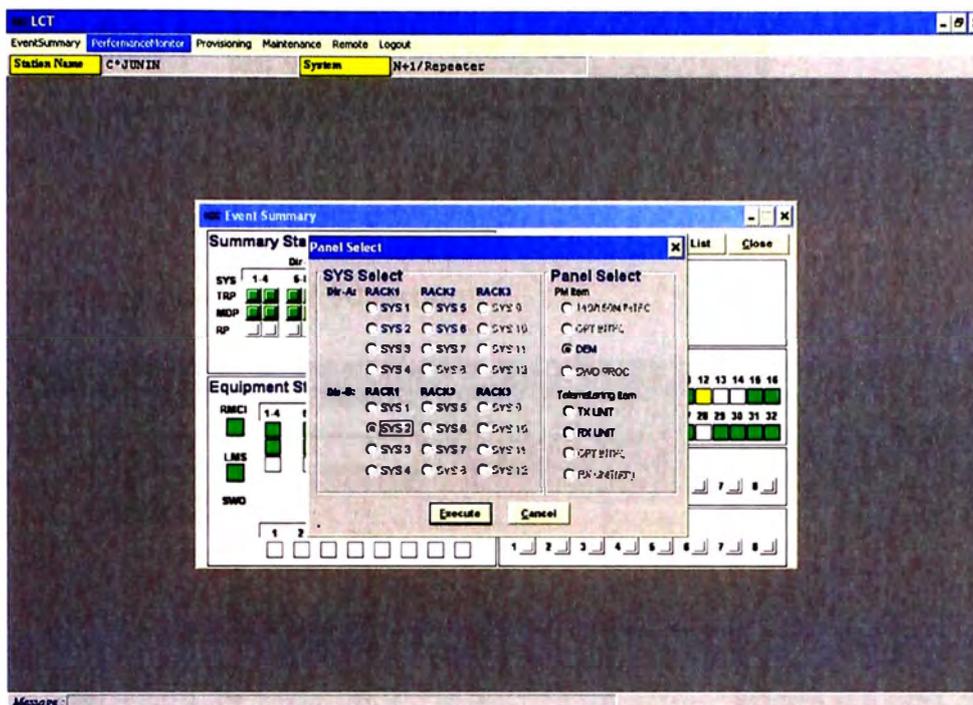


Figura 5.10

3) Seleccionar todos los **Item Select** y hacer click en la manito. En **Data Type** escoger **15Min (8H)**. Hacer click en **Execute**.

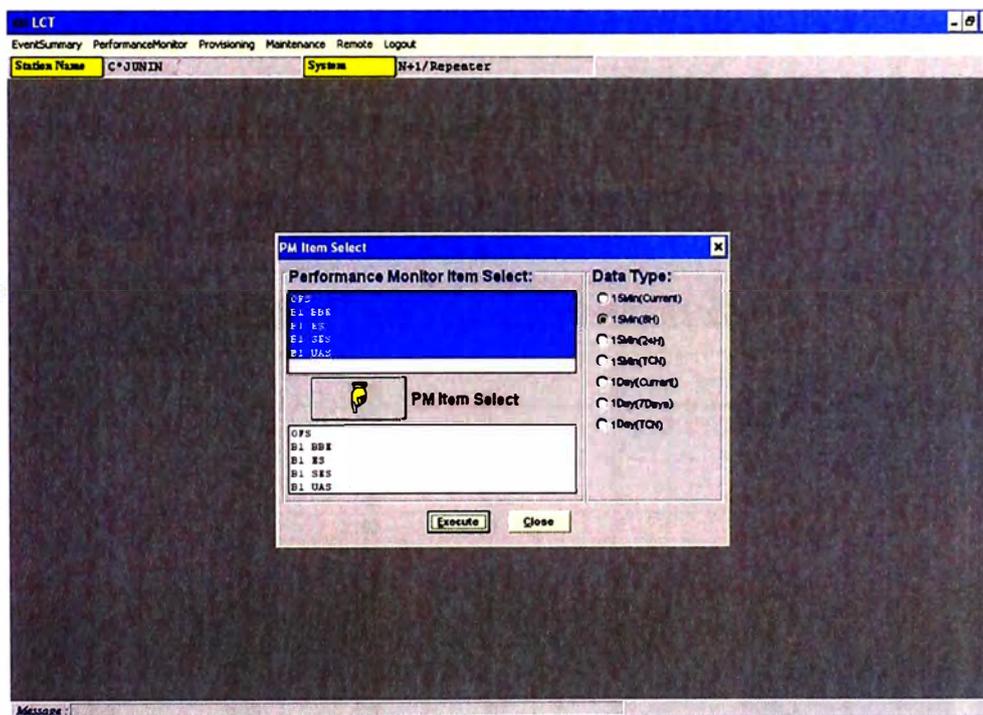


Figura 5.11

4) Esperar que desaparezca el siguiente mensaje:



Figura 5.12

5) Primera medición hasta las 12:30 resultado:

Performance Monitor(PM Item)						
SYS No	02		ICH List	Store		Close
Panel Name	DEM		Note: (R)=[FROM MUX] (S)=[FROM DMR] 'Suspect Flag			
	OFS	B1 BBE	B1 ES	B1 SES	B1 UAS	
12:30	0	56	49	0	0	
12:15	0	83	70	0	0	
12:00	0	50	49	0	0	
11:45	0	79	64	0	0	
11:30	0	49	45	0	0	
11:15	0	51	49	0	0	
11:00	0	42	40	0	0	
10:45	0	35	32	0	0	
10:30	0	56	54	0	0	
10:15	0	51	47	0	0	
10:00	0	24	22	0	0	
09:45	0	50	46	0	0	
09:30	0	54	48	0	0	
09:15	0	103	93	0	0	
09:00	0	49	46	0	0	
08:45	0	74	68	0	0	

Figura 5.13

6) Segunda medición hasta las 12:45 resultado:

Performance Monitor(PM Item)						
SYS No	02		ICH List	Store		Close
Panel Name	DEM		Note: (R)=[FROM MUX] (S)=[FROM DMR] 'Suspect Flag			
	OFS	B1 BBE	B1 ES	B1 SES	B1 UAS	
12:45	0	57	53	0	0	
12:30	0	56	49	0	0	
12:15	0	83	70	0	0	
12:00	0	50	49	0	0	
11:45	0	79	64	0	0	
11:30	0	49	45	0	0	
11:15	0	51	49	0	0	
11:00	0	42	40	0	0	
10:45	0	35	32	0	0	
10:30	0	56	54	0	0	
10:15	0	51	47	0	0	
10:00	0	24	22	0	0	
09:45	0	50	46	0	0	
09:30	0	54	48	0	0	
09:15	0	103	93	0	0	
09:00	0	49	46	0	0	

Figura 5.14

Observación: En los últimos 15 minutos se han producido los siguientes errores:

- B1 BEE = 57
- B1 ES = 53

También hay que tener en cuenta las lecturas en tiempos anteriores.

Conclusión: Existe un problema en la demodulación del Sistema 2 del Cerro Junín Dirección Cerro Oroya.

Por lo tanto se procede de la siguiente manera:

- Cambiar Modulador en Cerro Oroya (Sistema 2)
- Cambiar Demodulador en Cerro Junín (Sistema 2)

Si persiste el problema en la performance:

- Cambiar Rx en Cerro Junín (Sistema 2)
- Cambiar Tx en Cerro Oroya (Sistema 2)

## CAPITULO VI

### PRUEBAS FINALES Y PROTOCOLOS DE ACEPTACION

#### 6.1 Pruebas Finales para el enlace implementado.

Antes de poner en operación los sistemas STM-1, se realizó la verificación del comportamiento de cada uno de ellos usando los equipos de medición descritos en el Capitulo III, en tal sentido en este capitulo se describirá dichas pruebas y los datos obtenidos como consecuencia de ello.

Con los datos obtenidos se llena un formato de protocolos de medición, el cual sirve como partida de nacimiento de dicho sistema y enlace. Es decir para el proceso de mantenimiento periódico se debe verificar dichos valores con mínima variación considerando los cambios climáticos y envejecimiento de los equipos. También sirve como punto de partida para realizar la supervisión en forma remota con el LCT; como el nivel de potencia de recepción y performance del SDH 3000S.

En caso los valores de medición varíen con el transcurso del tiempo y escapen de los rangos de tolerancia, con toda seguridad se presentarán alarmas en el equipo SDH 3000S y dichas alarmas se podrá verificar en forma remota con el LCT. Para ello se tendrá que cambiar los módulos involucrados hasta reponer el sistema, eliminar las alarmas y verificar nuevamente los valores de las mediciones. Por supuesto que todo esto ocasiona corte del tráfico, lo cual no es recomendable. Pues es ahí donde hay que asegurar la conmutación del tráfico al sistema de protección oportunamente o realizar monitoreo periódico para evitar las fallas que ocasionarían las alarmas y el corte de tráfico indeseado.

##### 6.1.1 Frecuencia del Oscilador Local de Rx.

Conectar el equipo de prueba como se muestra en la Figura 6.1

Verificar la lectura de la frecuencia en el receptáculo RX LO MON.

Valor esperado:  $f_{LO} Rx$  (frecuencia local de Rx)  $\pm 5$  ppm

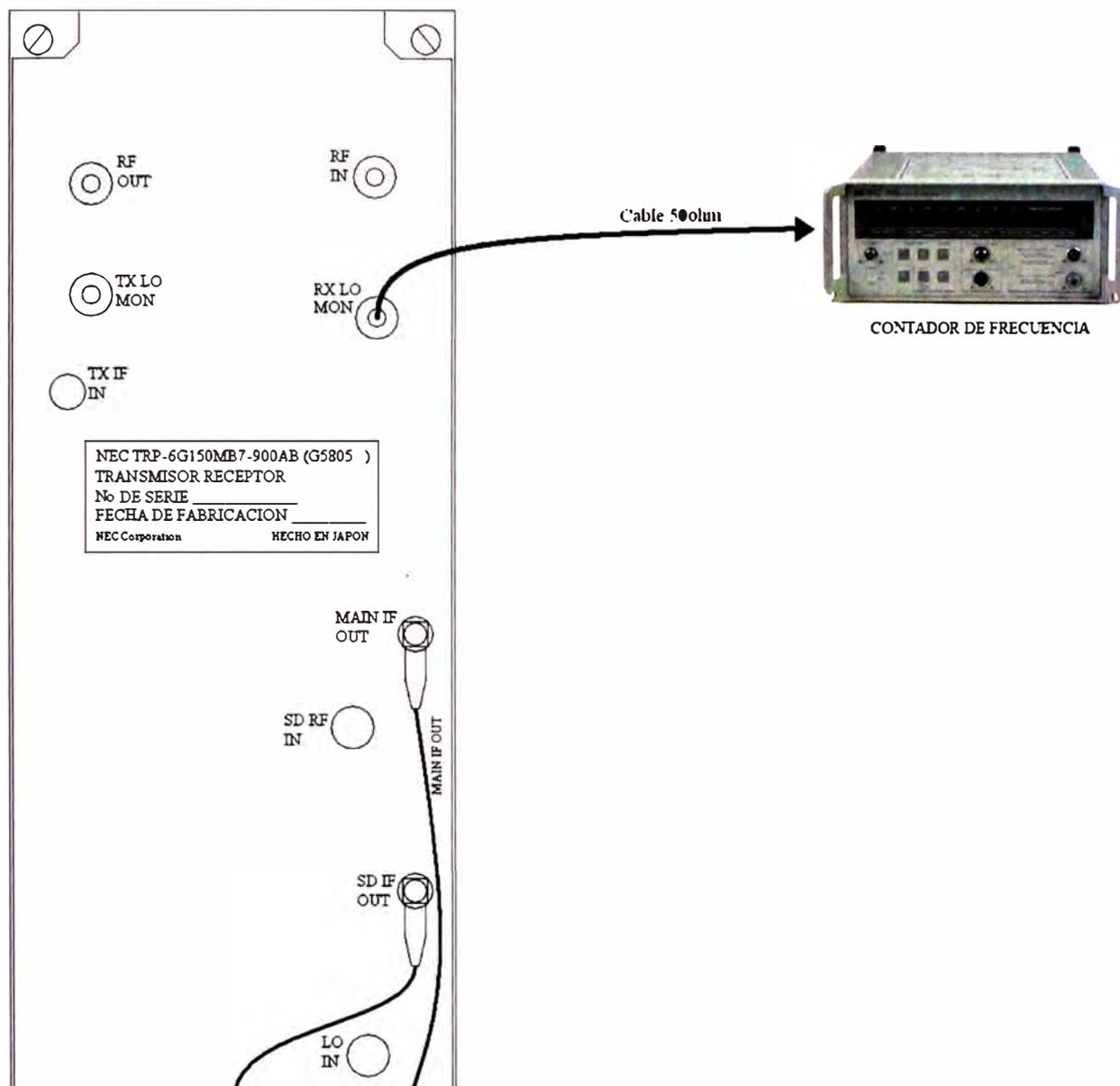


Figura 6.1 Frecuencia Local del Receptor, Arreglo de la Prueba

### 6.1.2 Frecuencia del Oscilador Local de Tx.

Conectar el equipo de prueba tal como se muestra en la Figura 6.2

Verificar la lectura de la frecuencia en el receptáculo TX LO MON.

Valor esperado:  $f_{loTx}$  (frecuencia local de Tx)  $\pm 5$  ppm

Nota: La frecuencia del transmisor es igual a la frecuencia local +140MHz o -140MHz, dependiendo del modelo del TRP del SDH 3000S.

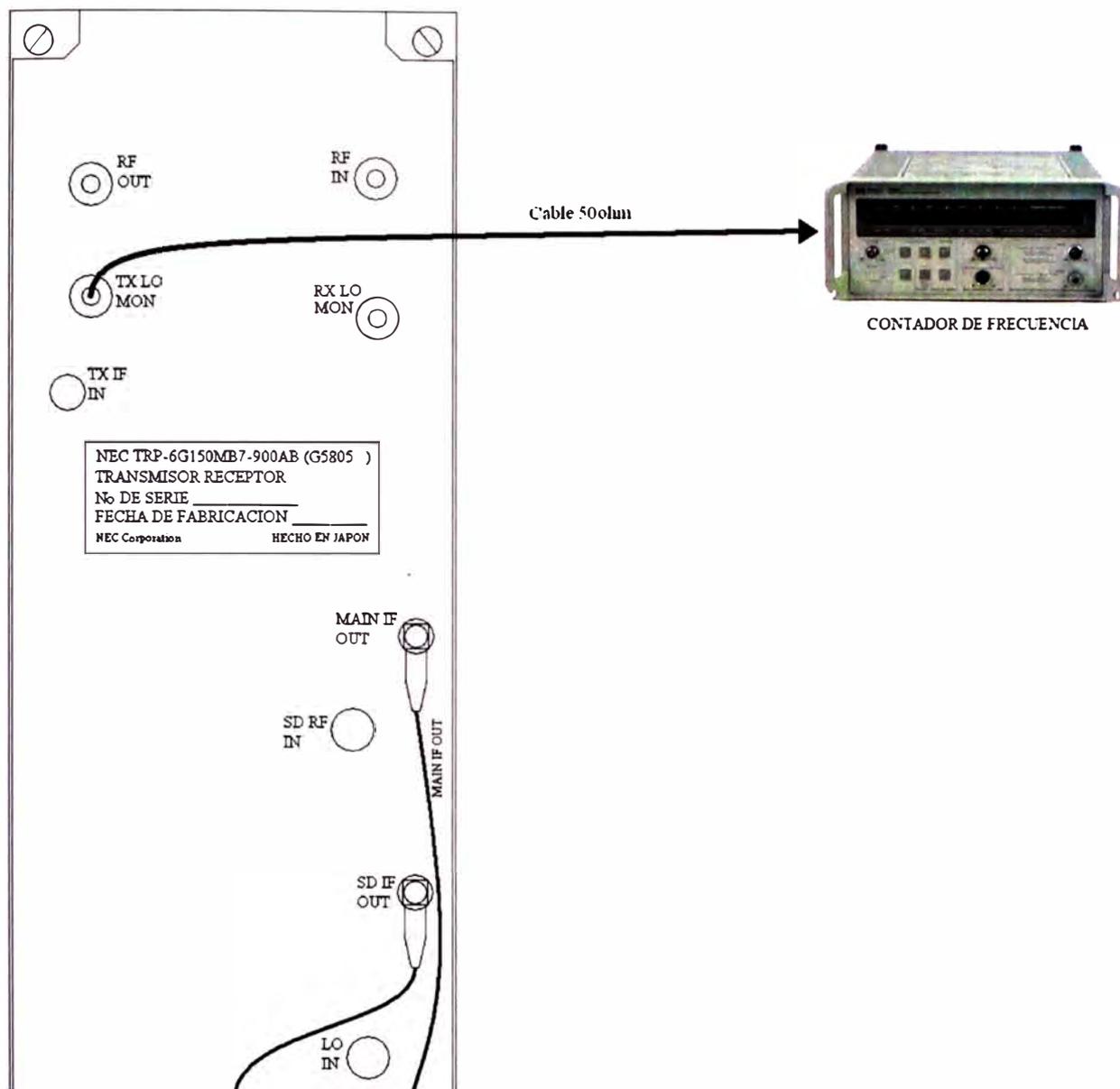


Figura 6.2 Frecuencia Local del Transmisor, Arreglo de la Prueba

### 6.1.3 Potencia de Rx, Calibración de la Potencia vista con el LCT.

La medición de la Potencia de salida del transmisor se realiza con ayuda del LCT configurando la transmisión del lado remoto a potencia nominal, ver Tabla 3.1

Retirar el cable coaxial del receptáculo RF IN que se conecta al BR CKT, la lectura que se indica en el Medidor de Potencia (dBm) será la Potencia de Rx. Esta potencia puede ser observada con el LCT, de ser necesario hay que ajustar con el LCT la lectura en el equipo 3000S para que pueda ser supervisado a futuro sin necesidad de usar un Medidor de Potencia e interrumpir el tráfico en dicho sistema.

Finalmente restaurar todos los cables de conexión.

### 6.1.4 Potencia de Tx.

La medición de la Potencia de salida del transmisor se realiza con ayuda del LCT, es decir en modo mantenimiento.

Retirar el cable coaxial de IF del receptáculo TX IF en el TRP y conectar el equipo de prueba como es mostrado en la Figura 6.6

Aplique una señal modulada desde el equipo MDP al receptáculo TX IF IN en el TRP y medir la potencia de salida del transmisor en el receptáculo RF OUT.

La lectura de la potencia con el LCT debe ser  $[+P \text{ dBm}] \pm 1\text{dB}$

La potencia de salida de RF  $[+P \text{ dBm}] = \text{indicación del Medidor de Potencia (dBm)} + \text{atenuación de RF ATT (dB)}$ . De ser necesario hay que ajustar con el LCT la lectura en el equipo 3000S.

Finalmente restaurar todos los cables de conexión.

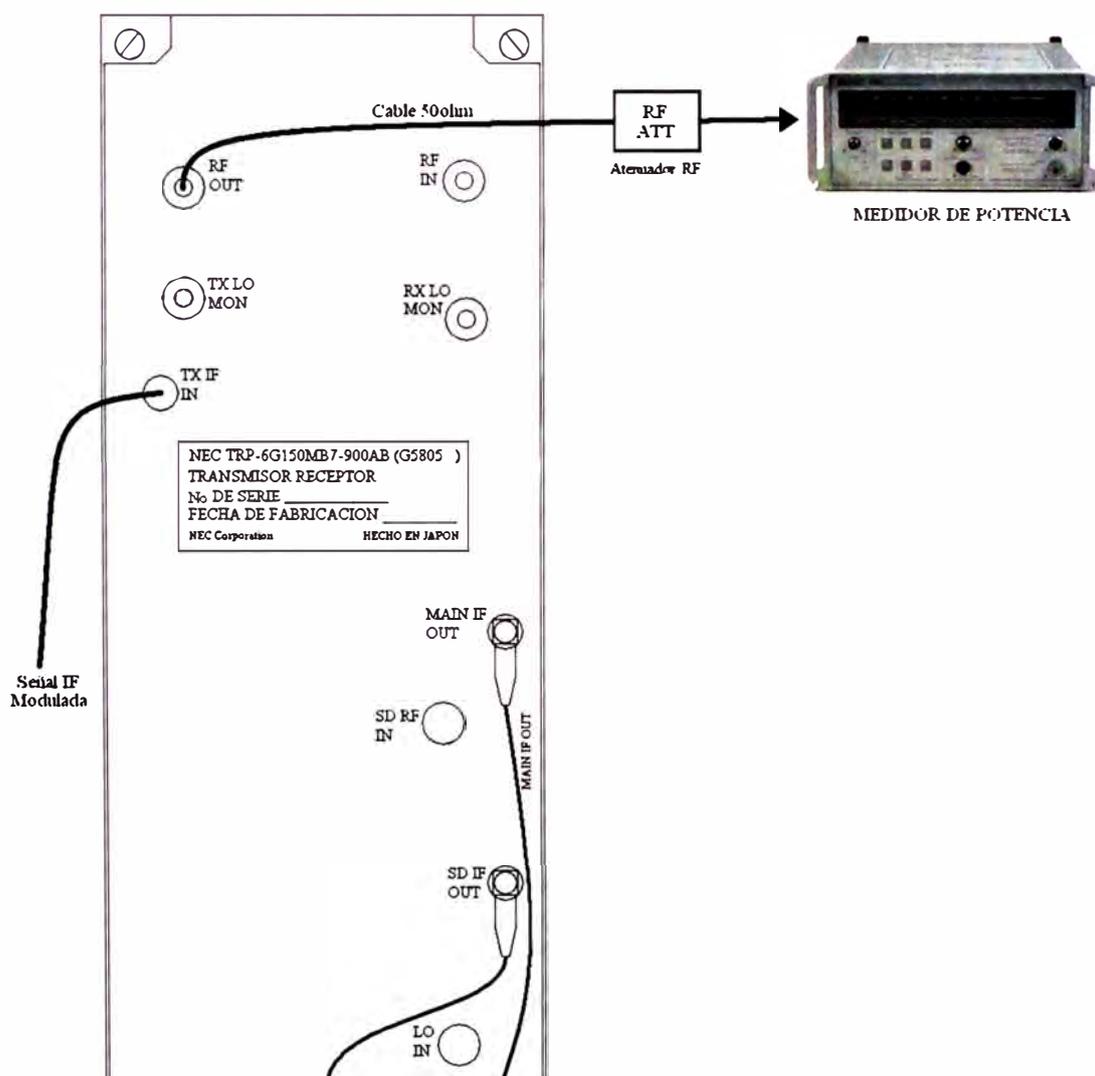


Figura 6.6 Potencia de Salida del Transmisor, Arreglo de la Prueba

Lectura de la Telemetría del Sistema 1 del SDH 3000S en Cajamarca:

- Ingresamos al LCT del SDH 3000S

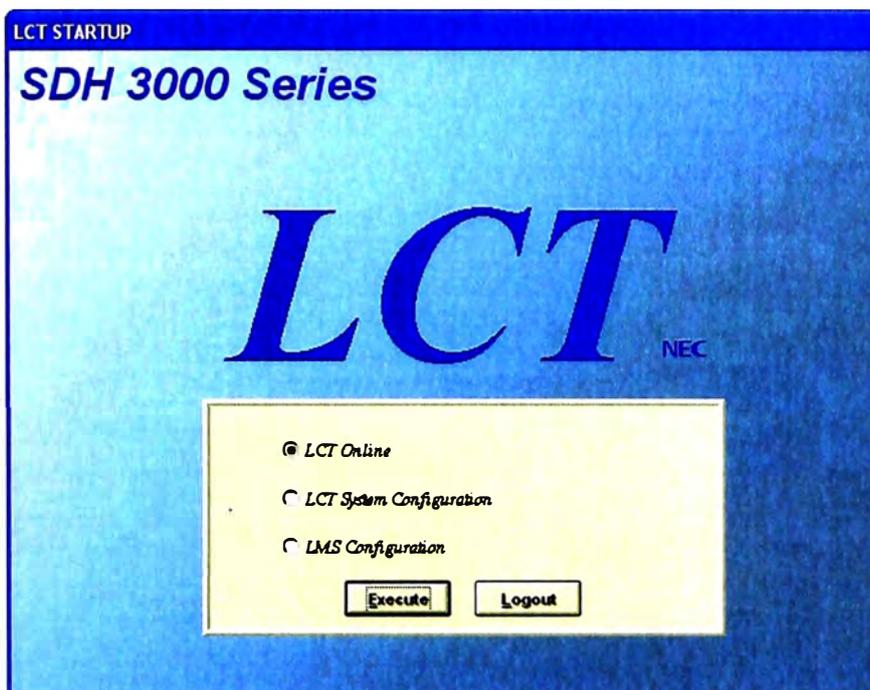


Figura 6.7 Software de usado para la supervisión del SDH 3000S

- LCT Online: Asegurándose de tener el cable de comunicación conectado, seleccionar Execute

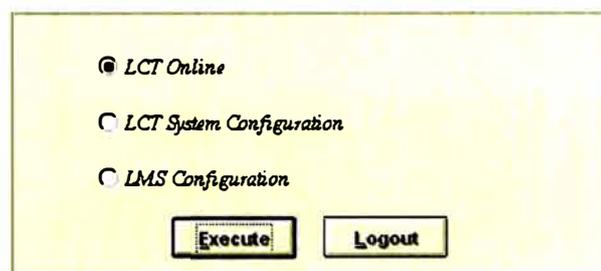


Figura 6.8

- Ingresar Login: 3000S , Password: MAINT



Figura 6.9

- Esperar que complete el 100%

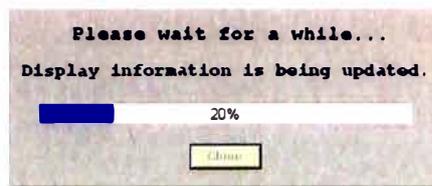


Figura 6.10

- Entonces aparece la siguiente pantalla:

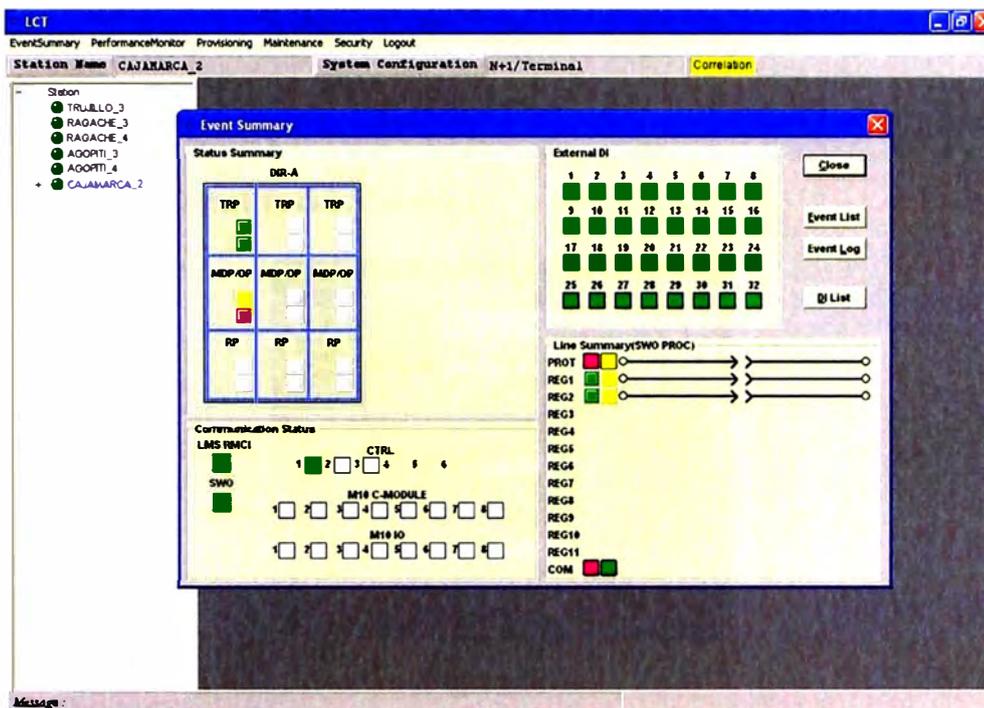


Figura 6.11

Procedimiento para medir la Telemetría:

- Seleccionar PerformanceMonitor

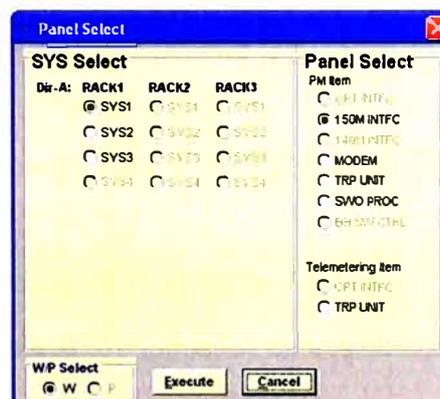


Figura 6.12

- Seleccionar SYS1 y TRP UNIT, hacer clic en Execute

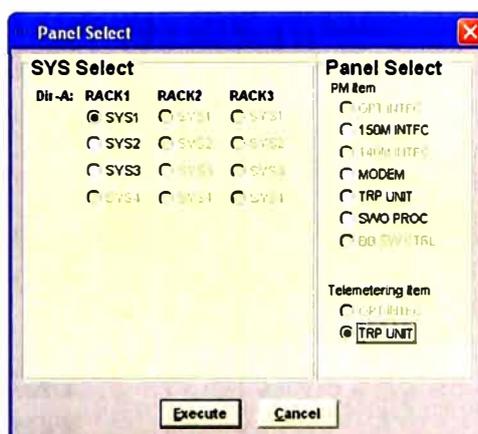


Figura 6.13

- Obsérvese la Telemetría del Sistema 1

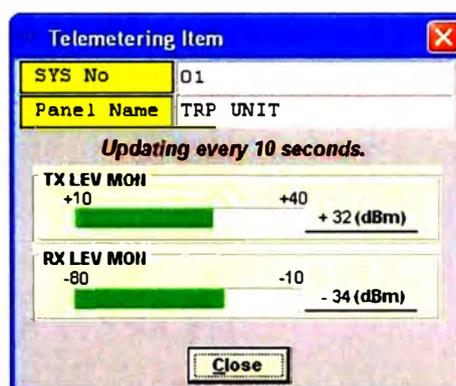


Figura 6.14

### 6.1.5 Frecuencia de Tx.

La medición de la frecuencia de salida del transmisor se realiza con ayuda del LCT, es decir en modo mantenimiento, se debe quitar la modulación y dejar solo portadora para realizar dicha medición.

Retirar el cable coaxial de IF del receptáculo TX IF en el TRP y conectar el equipo de prueba como es mostrado en la Figura 6.15

Conectar el cable de IF al receptáculo TX IF IN en el TRP y verificar la lectura de la frecuencia en el receptáculo RF OUT.

Valor esperado:  $f_{Tx}$  (frecuencia de Tx)  $\pm 5$  ppm

Con el LCT restaurar la modulación y todos los cables de conexión.

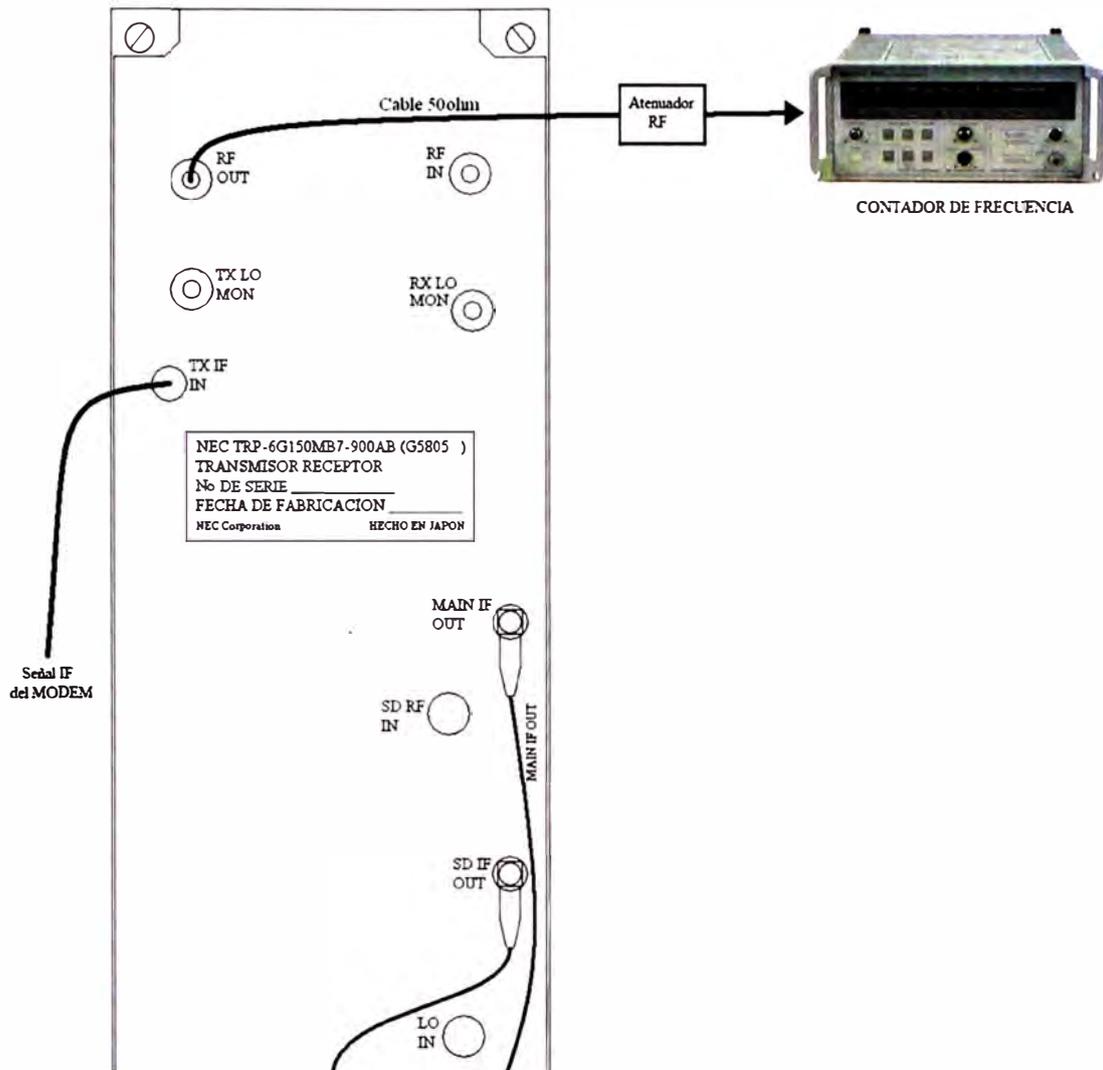


Figura 6.15 Frecuencia del Transmisor, Arreglo de la Prueba

### 6.1.6 Curva de AGC.

Con ayuda del LCT, poner en modo mantenimiento.

Retirar el cable coaxial de IF conectado al receptáculo RX IF OUT en el TRP, retirar el cable coaxial de RF conectado al receptáculo RF IN en el TRP y conectar el equipo de prueba como es mostrado en la Figura 6.16

Aplice una señal portadora con una frecuencia igual a la frecuencia de recepción asignada desde el Generador de Señales de RF al receptáculo RF IN en el TRP. El nivel de entrada del receptor es variado desde -15dBm a -70dBm en pasos de 5dB y seguido pasos de 1db hasta monitorear alarma de corte en el LCT. Al variar el nivel de entrada del receptor se debe observar que la variación del nivel de Salida de IF en el receptáculo RX IF OUT nos debe dar el valor esperado de:  $IF\ OUT = -13dBm \pm 1dB$ .

En cada paso tomar la medida del nivel de Voltaje AGC y nivel de Salida de IF en el receptáculo RX IF OUT.

Finalmente restaurar todos los cables de conexión.

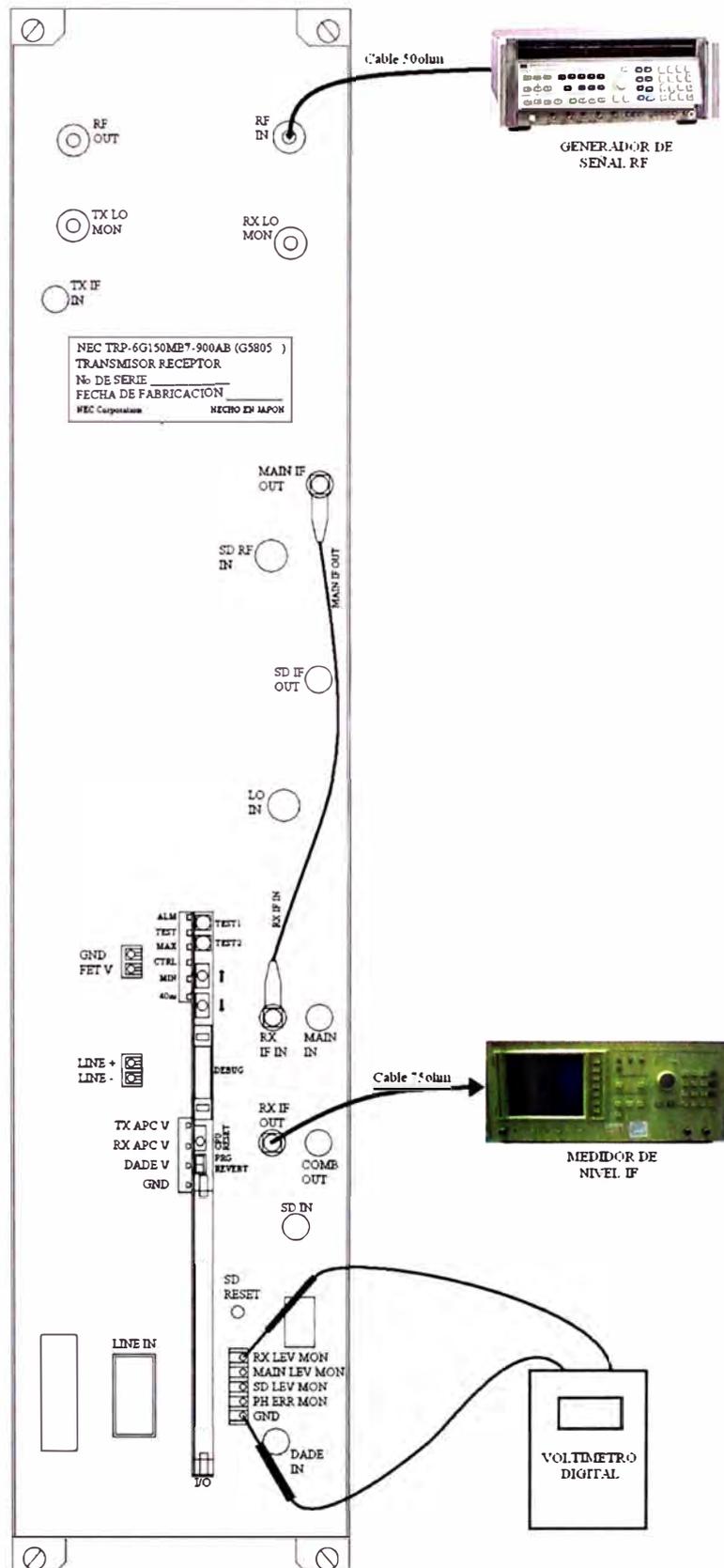


Figura 6.16 Nivel de Salida AGC y Nivel de Salida IF

### 6.1.7 Retardo de Grupo, Amplitud.

Usando el LCT, colocar el sistema a probar en modo mantenimiento y conectar los equipos de prueba tal como se muestra en la Figura 6.17

En la estación precedente (remota), ajustar el Analizador de Enlaces de Microondas (TX) a lo siguiente:

Frecuencia : 140MHz

Ancho de Barrido :  $\Delta f$  MHz ( $\Delta f = \pm 15$ MHz para el sistema de 64QAM /  $\pm 12$ MHz para el sistema de 128 QAM)

Nivel de salida : -10dBm  $\pm$  1dB

Desviación : 200kHz rms

La interferencia puede ocurrir en los canales adyacentes cuando  $\Delta f$  es mayor que  $\pm 15$ MHz para sistemas de 64QAM o mayor que  $\pm 12$ MHz para sistemas de 128QAM.

En la estación local en modo mantenimiento seleccionar: Medición para Respuesta de Amplitud, verificar:

- Amplitud Frecuencia :  $\leq 2.0$  dBp-p en  $140 \pm 15$ MHz (Respuesta para el sistema 64QAM)  
:  $\leq 2.0$  dBp-p en  $140 \pm 12$ MHz (Respuesta para el sistema 128QAM)
- Retardo de Grupo :  $\leq 15$  nseg. en  $140 \pm 15$ MHz (Respuesta para el sistema 64QAM)  
:  $\leq 15$  nseg. en  $140 \pm 12$ MHz (Respuesta para el sistema 128QAM)

Finalmente restaurar todos los cables de conexión.

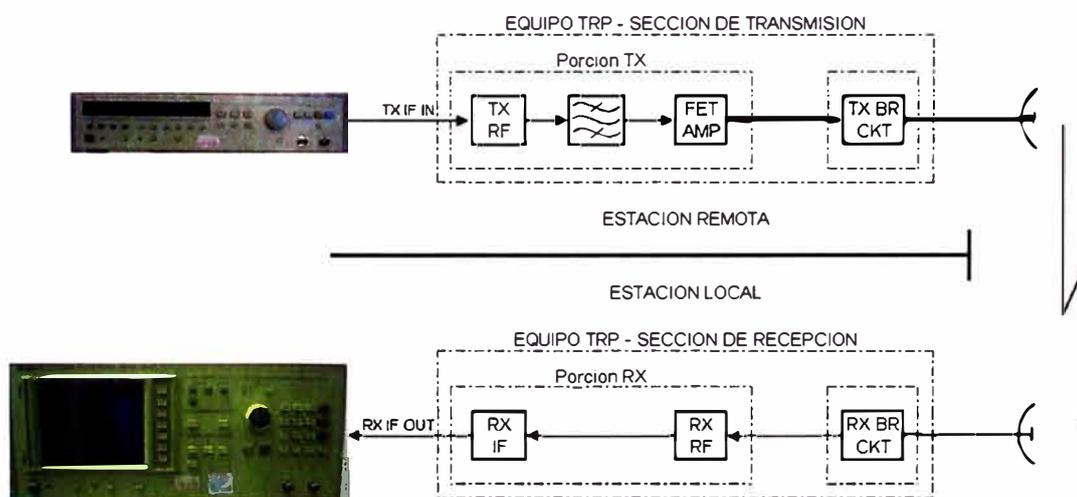


Figura 6.17 Esquema de medición de Retardo de Grupo y Amplitud

### 6.1.8 Medición de Voltajes.

Conectar el voltímetro digital al punto de prueba de entrada de LINE y las terminales de monitoreo de voltaje de salida del DC-DC CONV. Verificar que la indicación del medidor esta dentro del rango especificado según la Tabla 6.1

Tabla 6.1 Lectura del Voltímetro

Ubicación	Item a Verificar	Indicacion Nominal	Rango Permissible
DC-DC CONV	+5.3V	+5.3V	+5.09 a +5.51V
	+3.6V	+3.6V	+3.44 a +3.76V
	-5.5V	-5.5V	-5.29 a -5.71V
DC-DC CONV/TRP	LINE +/-	-48V	-36 a -72V

### 6.2 Protocolos de Aceptación

Para los Protocolos de Aceptación se llena el formato que se indica en la Tabla 6.2 según las pruebas descritas anteriormente.

En tal sentido, se realizaron las pruebas en cada estación en todas las direcciones y en cada sistema STM-1. A continuación se mostraran los datos de las pruebas realizadas para el Sistema 1 del tramo de enlace Cerro Agopiti – Central Cajamarca; las lecturas del Retardo de Grupo y Amplitud se muestran en la Figura 6.18 y Figura 6.19, recordemos que el enlace usa modulación 128QAM por lo que en Cajamarca el Analizador de Microondas se configuro para transmitir una Frecuencia de 140MHz , Ancho de Barrido  $\Delta f = \pm 12\text{MHz}$  y Nivel de salida de -10dBm. Los datos consolidados se muestran en la Tabla 6.3

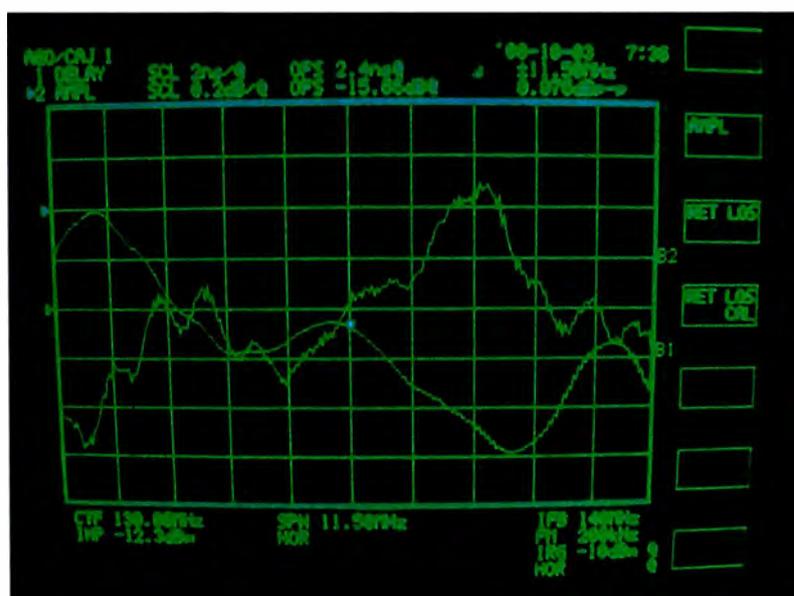


Figura 6.18 Respuesta de Amplitud de Frecuencia: 0.976dBp-p a -12.3dBm de salida.

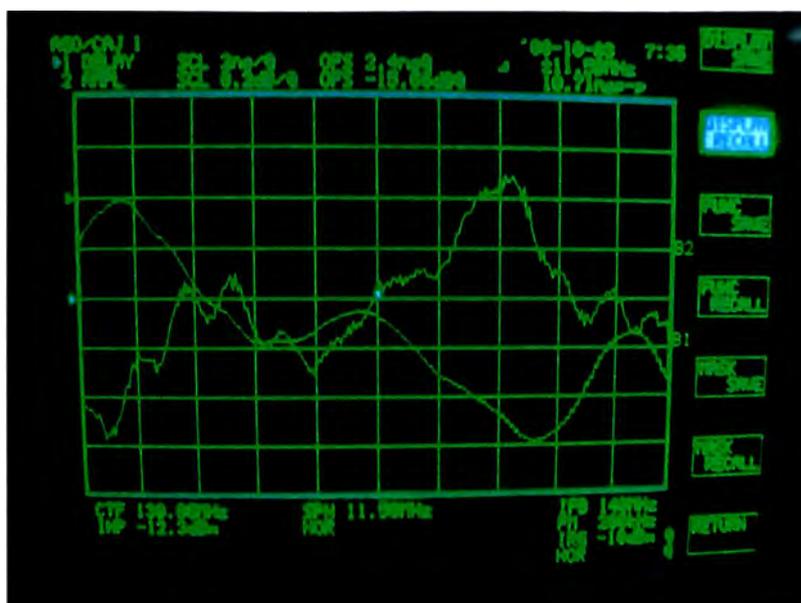


Figura 6.19 Respuesta de Retardo de Grupo: 10.71nsp-p a -12.3dBm de salida.

Tabla 6.2 Formato de Recepción

Estacion:

Sistema:

To					To				
Freq. Loc. de Tx:	MHz		MHz	ppm	Freq. Loc. de Tx:	MHz		MHz	ppm
Freq. Loc. de Rx:	MHz		MHz	ppm	Freq. Loc. de Rx:	MHz		MHz	ppm
Freq. de Tx:	MHz		MHz	ppm	Freq. de Tx:	MHz		MHz	ppm
Pot. de Tx:	dBm				Pot. de Tx:	dBm			
Pot. de Rx:	Main: dBm		SD: dBm		Pot. de Rx:	Main: dBm		SD: dBm	
Retardo de Grupo:	nsp-p	dBp-p	nsp-p	dBp-p	Retardo de Grupo:	nsp-p	dBp-p	nsp-p	dBp-p
-30	V	dBm	V	dBm	-30	V	dBm	V	dBm
-35	V	dBm	V	dBm	-35	V	dBm	V	dBm
-40	V	dBm	V	dBm	-40	V	dBm	V	dBm
-45	V	dBm	V	dBm	-45	V	dBm	V	dBm
-50	V	dBm	V	dBm	-50	V	dBm	V	dBm
-55	V	dBm	V	dBm	-55	V	dBm	V	dBm
-60	V	dBm	V	dBm	-60	V	dBm	V	dBm
-65	V	dBm	V	dBm	-65	V	dBm	V	dBm
-70	V	dBm	V	dBm	-70	V	dBm	V	dBm
-71	[ ]		[ ]		-71	[ ]		[ ]	
-72	[ ]		[ ]		-72	[ ]		[ ]	
-73	[ ]		[ ]		-73	[ ]		[ ]	
-74	[ ]		[ ]		-74	[ ]		[ ]	
-75	[ ]		[ ]		-75	[ ]		[ ]	
-76	[ ]		[ ]		-76	[ ]		[ ]	
-77	[ ]		[ ]		-77	[ ]		[ ]	
-78	[ ]		[ ]		-78	[ ]		[ ]	
	Main	SD	Comb			Main	SD	Comb	
AGC:	V	V	V		AGC:	V	V	V	
FET V:	V				FET V:	V			
LINE:	V				LINE:	V			
Tx APC:	V				Tx APC:	V			
Rx APC:	V				Rx APC:	V			
5.3	V	V			5.3	V	V		
3.6	V	V			3.6	V	V		
-5.5	V	V			-5.5	V	V		
LINE:	V				LINE:	V			

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



De la Tabla 6.3 se procede a graficar la curva de AGC.

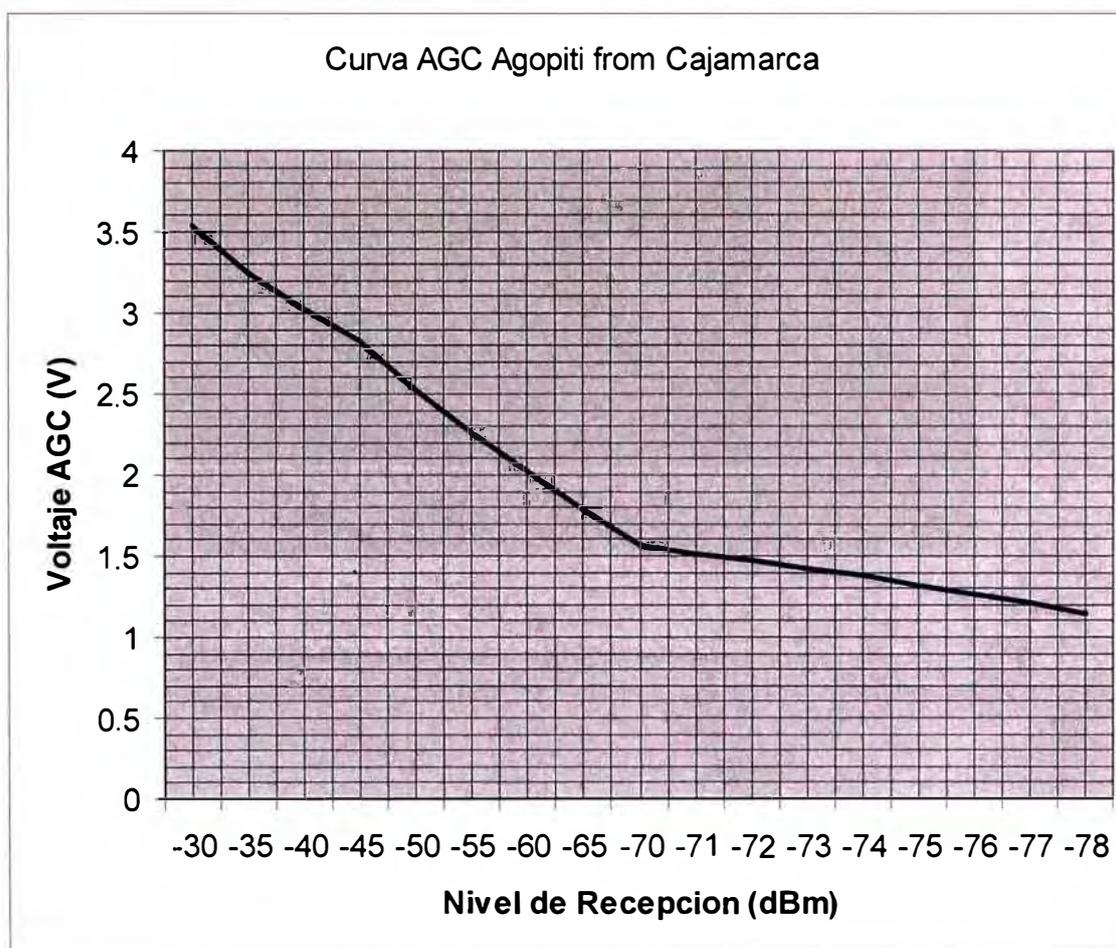


Figura 6.20 Curva de nivel AGC en Cerro Agopiti dirección Cajamarca.

Finalmente mostrare los datos de las pruebas realizadas para el Sistema 1 del tramo de enlace Central Cajamarca - Cerro Agopiti; las lecturas del Retardo de Grupo y Amplitud se muestran en la Figura 6.21 y Figura 6.22, en el Cerro Agopiti el Analizador de Microondas se configuro para transmitir una Frecuencia de 140MHz , Ancho de Barrido  $\Delta f = \pm 12\text{MHz}$  y Nivel de salida de -10dBm. Los datos consolidados se muestran en la Tabla 6.4

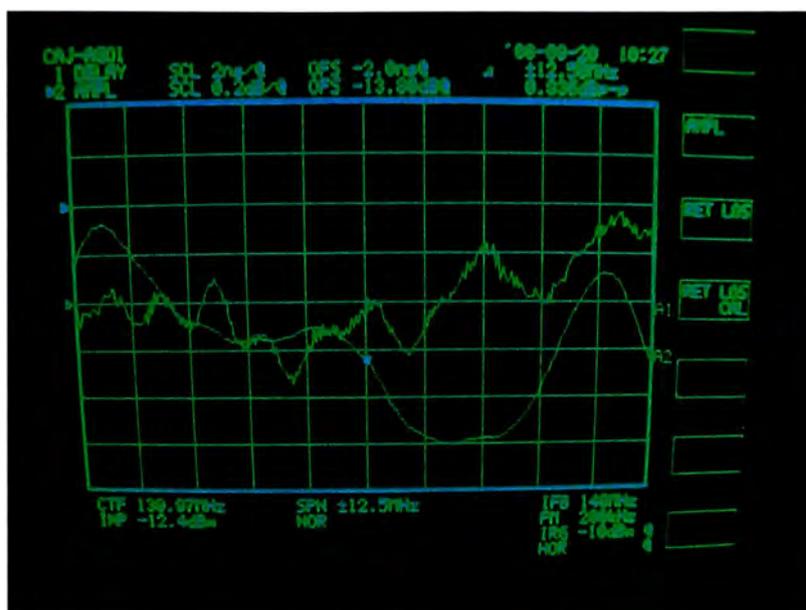


Figura 6.21 Respuesta de Amplitud de Frecuencia: 0.936dBp-p a -12.4dBm de salida.

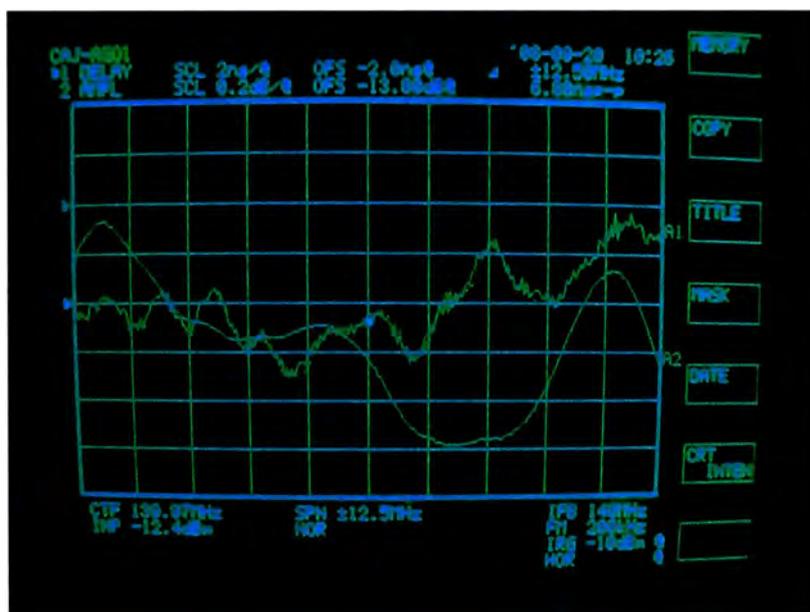


Figura 6.22 Respuesta de Retardo de Grupo: 6.88nsp-p a -12.4dBm de salida.



De la Tabla 6.4 se procede a graficar la curva de AGC.

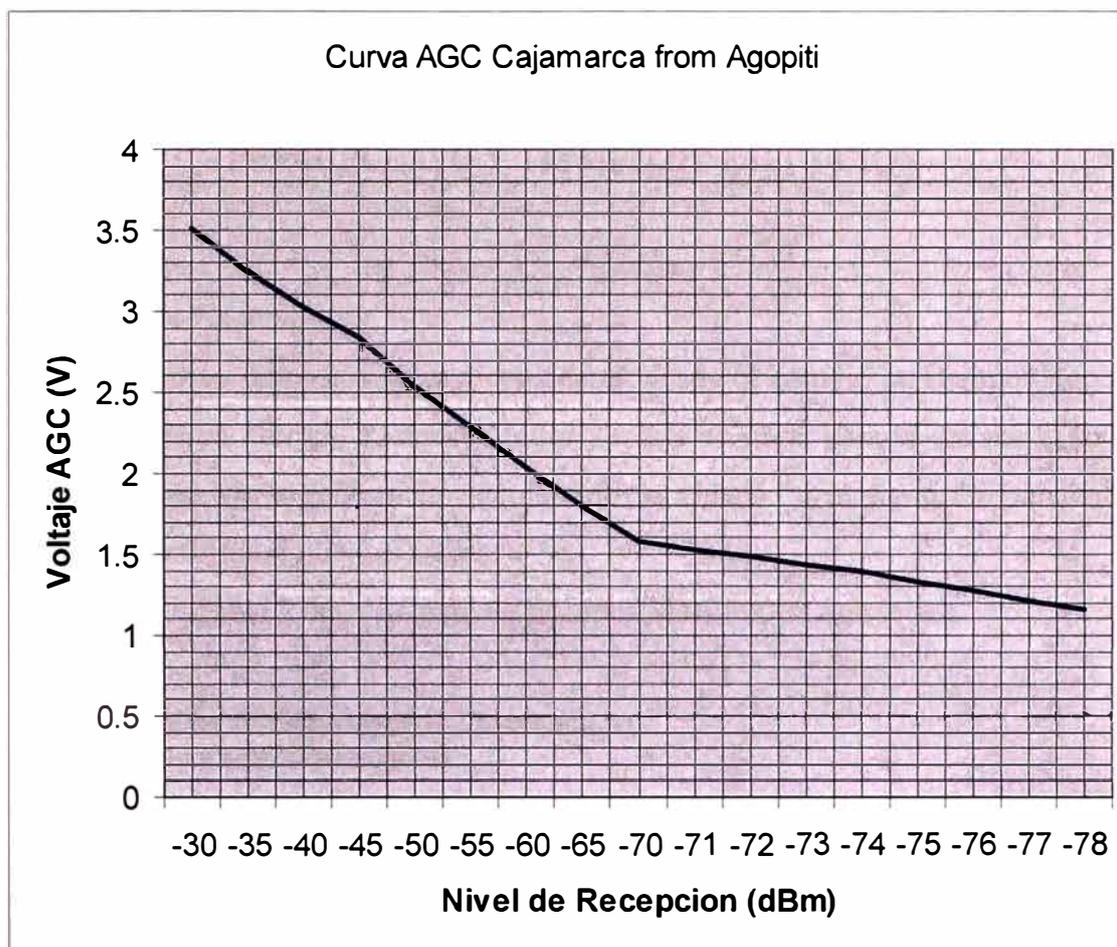


Figura 6.23 Curva de nivel AGC en Central Cajamarca dirección Cerro Agopiti.

## CAPITULO VII

### PRESUPUESTO Y TIEMPO DE EJECUCION

#### 7.1 Análisis de Costos.

En el análisis de costos se va a considerar, desde el Estudio de Campo (Replanteo), precio de compra en fábrica, traslado, seguro y mano de obra; para un enlace SDH 3000S 1+1 sin diversidad, como referencia calcularemos el enlace Cerro Agopiti - Cajamarca. En tal sentido tenemos las siguientes tablas:

Tabla 7.1 Costo de Equipos SDH 3000S en fábrica

MICROONDAS SDH 3000S: AGOPITI - CAJAMARCA 1+1  
LISTA DE EQUIPOS DE RADIO 3000S

Item	Description	Unit	PRECIO UNITARIO 2008	AGOPITI	CAJAMARCA	Cantidad Total	PRECIO TOTAL
				TERM	TERM		
1	RADIO EQUIPMENT (3000S) TRANSMITTER-RECEIVER (1TR) 1.6GHz, 10W, 128QAM, E/W SD 1.6GHz, 10W, 128QAM	EA	2,198.78				
		EA	1,911.93	2	2	4	7,647.72
2	MODULATOR-DEMODULATOR 128QAM, TERMINAL, 150M INTFC	EA	4,474.01	1	1	2	8,948.02
3	PROT ACCESS (150M INTFC) XPIC	EA	197.63	1	1	2	395.26
	*1: FACTORY ASSEMBLIES						
4	OH/WS INTFC (2M)	EA	215.86	1	1	2	431.72
5	BR CKT (FOR XPIC, E/W HYB) 6GHz, 3+1, W/O SD 6GHz, 3+1, W/O SD	EA	2,188.03				
		EA	3,241.81	1	1	2	6,483.62
6	SYSTEM MATERIAL 2SYS (2TR)	EA	1,664.44	1	1	2	3,328.88
7	SUPERVISORY AND CONTROL SYSTEM OAM&P UNIT OAM&P, TERM., N+1 (1+1 TO 3+1), E/W OW (2CH)	EA	4,129.38	1	1	2	8,258.76
8	DEHYDRATOR INCLUDED SPARES		1,947.50	1	1	2	3,895.00
<b>TOTAL US\$ FCA</b>							<b>39,388.98</b>

Tabla 7.2 Costo de Material Aéreo SDH 3000S en fábrica

**MICROONDAS SDH 3000S: AGOPITI - CAJAMARCA 1+1**  
**LISTADO DE EQUIPOS SISTEMA AEREO**

ITEM	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO US\$ FCA	AGOPITI	CAJAMARCA	CANT	TOTAL US\$ FCA
	<b>SISTEMA AEREO</b>					
	<b>ANTENNA ALTA PERFORMANCE,U6GHz (ALTA DISCRIMINACIÓN POLARIZACIÓN CRUZADA)</b>					
	ANTENA POL. DOBLE, E/W RADOME, DIA:1.8M	4,566.97				
1	ANTENA POL. DOBLE, E/W RADOME, DIA:2.4M	5,456.45	1	1	2	10,912.90
	ANTENA POL. DOBLE, E/W RADOME, DIA:3.0M	6,614.81				
	ANTENA POL. DOBLE, E/W RADOME, DIA:3.7M	8,817.30				
	<b>WAVE GUIDE</b>					
2	WAVE GUIDE (L6GHz) (PER METER)	30.23	45	40	85	2,569.55
3	CLAMP PER U6GHz WAVE GUIDE	7.34	45	40	85	623.90
4	WAVE GUIDE TERMINATION L6GHz (BY SIDE)	411.26	2	2	4	1,645.04
	WALL ENTRY GLAND (2 HOLES)	166.74				
5	GROUNDING BOX	24.04	1	1	2	48.08
	HOISTING GRIP	32.12				
	REBORDEADOR PARA GUÍA DE ONDA	591.40				
	<b>TOTAL US\$ FCA</b>					15,799.47

Tabla 7.3 Costo de Transporte en Zona 3

## COSTO DEL TRANSPORTE LOCAL

## MICROONDAS SDH 3000S: AGOPITI - CAJAMARCA 1+1

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	Precio Unitario				AGOPITI	CAJAMARCA	Cant	PRECIO TOTAL
			ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4				
	<b>TRABAJO EN ALMACEN EN LIMA</b>									
	Descargar	hora	22.18	22.18	22.18	22.18				
	Almacenar	kg x dia	0.02	0.02	0.02	0.02				
	Estiva	hora	22.18	22.18	22.18	22.18				
	<b>TRANSPORTE DE LIMA A OTRA CIUDAD</b>									
	Camión de 20 Toneladas con destino costa	viaje	217.00	465.00	682.00	961.00				
	Camión de 20 Toneladas con destino sierra/selva	viaje	434.00	711.45	920.70	1182.03				
1	Trailer de 35 Toneladas con destino costa	viaje	325.50	697.50	1023.00	1441.40	1		1	
	Trailer de 35 Toneladas con destino sierra/selva	viaje	651.00	1067.18	1381.05	1772.92				
	<b>Transporte de Acceso</b>									
2	Carga de transporte de acceso	hora	22.18	22.18	22.18	22.18	24	24	48	
3	Camión (4 - 5 Ton)	dia	148.8	148.8	148.80	148.80	2	2	4	
4	Mano de Obra (persona)	hora	2.23	2.23	2.23	2.23	24	24	48	
	<b>Lugar de Destino</b>									
5	Descarga	hora	22.18	22.18	22.18	22.18	24	24	48	
						2438.78	1415.78		3,854.56	

NOTA 1) LOS PRECIOS INDICADOS SON LOS QUE SE CONSIDERARAN PARA COLOCAR  
LOS MATERIALES EN LAS SIGUIENTES ZONAS:

- ZONA 1: HASTA 300KM DEL ALMACEN EN LIMA
- ZONA 2: MAS DE 300KM HASTA 700KM DEL ALMACEN EN LIMA
- ZONA 3: MAS DE 700KM HASTA 1100KM DEL ALMACEN EN LIMA
- ZONA 4: MAS DE 1100KM HASTA 1500KM DEL ALMACEN EN LIMA

NOTA 2) EN CASO DE TRANSPORTE AEREO Y/O FLUVIAL, SE COBRARA EN FUNCION DE LOS GASTOS INCURRIDOS

Tabla 7.4 Costo de Transporte en Zona 3

**MICROONDAS SDH 3000S: AGOPITI - CAJAMARCA 1+1  
SERVICIOS**

ITEM	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO US\$ LOCAL (SIN IGV)	AGOPITI	CAJAMARCA	CANT	PRECIO TOTAL US\$
	<b>SERVICIOS</b>					
	<b>SISTEMA DE RADIO</b>					
	<b>Racks de tipo 3000 Series</b>					
1	Ampliacion de un sistema ( en el mismo bastidor )	878.20	2	2	4	
	Ampliacion de un sistema ( en bastidor adicional )	1,223.58				
	Instalacion de opcion de Diversidad de Espacio ( por direccion y por canal STM-1	658.66				
	<b>Instalación de Alimentador</b>					
2	Costo Base (Constante) por direccion	647.98	1	1	2	
3	Costo por metro	35.88	120	120	240	
	<b>Instalación de Antenas (Por diametro de Antenas)</b>					
	Instalacion de antena de 1.8 mts. de diametro	356.42				
4	Instalacion de antena de 2.4 mts. de diametro	928.28	1	1	2	
	Instalacion de antena de 3.0 mts. de diametro	1,143.58				
	Instalacion de antena de 3.7 mts. de diametro	1,482.38				
5	Pruebas de aceptación Incluye instrumentos de medición	617.50	1	1	2	
6	Integración al sistema de gestión	617.50	1	1	2	
7	Estudio de Re-Planteo por estación	712.50	1	1	2	
	<b>TOTAL SIN FACTORES</b>		9,585.76	9,585.76		
	<b>TOTAL INSTALACIÓN MATERIALES</b>		233.48	233.48		
	<b>TOTAL INSTALACIÓN (US\$.)</b>		<b>9,819.24</b>	<b>9,819.24</b>		<b>19,638.48</b>

Tabla 7.5 Costo de Bienes Locales, Materiales e Instalación

## MICROONDAS SDH 3000S: AGOPITI - CAJAMARCA 1+1

## BIENES LOCALES

ITEM	DESCRIPCION		PRECIO UNITARIO US\$. LOCAL SUMINISTRO	PRECIO UNITARIO US\$. LOCAL INSTALACION	AGOPITI	CAJAMARCA	TOTAL
<b>ELEMENTOS PARA CONDUCCION DE CABLEADO</b>							
1	Soporte de cableado hasta 300mm, incluye accesorios	m	28.75	5.90	10	10	20
2	Canaleta 80 x 80mm PVC con tapa incluye accesorios	m	7.30	4.73	10	10	20
3	Manguera corrugada	m	0.48	1.52	10	10	20
<b>REPARTIDORES DIGITALES DE INTERCONEXIÓN</b>							
	Repartidor Digital de 20 tributarios para bastidor y rack de 19"	unit	138.15	17.12			
<b>CONECTORES</b>							
4	Conector coaxial Macho/Hembra para Flex-6 tipo siemens	unit	5.04	1.16	4	4	8
	Conector Coaxial Hembra/Hembra	unit	5.45	0.30			
5	Conector Clavija con punto de prueba (U-link)	unit	7.46	0.96	4	4	8
<b>CABLES COAXIALES</b>							
6	Cable coaxial 75 Ohm Tipo Flex-6	m	1.72	0.40	40	40	80
<b>CABLES</b>							
7	Cable de tierra	m	2.64	1.35	50	50	100
8	Cable de fuerza	m	0.83	0.40	50	50	100
<b>BASTIDORES, RACK, ESTRUCTURAS METALICAS MISCELANEOS</b>							
9	Kit de instalación bastidor comprende: - Pernos de anclaje para radio y deshidratador - Terminales de Ojo (tamaños varios según cables) 25ea - Ties (38cm x 50ea; 26cm x 50ea; 10cm x 100ea) - Cintas aislantes 2ea - Cintillos Marcadores 50ea	set	55.38	-	1	1	2
10	Kit de instalación Guía de Onda comprende: - Cinta Vulcanizante 3ea - Cinta Aislante 3ea - Silicona 1ea	set	40.62	-	1	1	2
11	Kit de instalación miscelaneos	set	35.00	-	8	8	16
<b>SOPORTES DE ANTENAS</b>							
12	SOPORTE DE ANTENA 1.8M	unit	834.47	-			
	SOPORTE DE ANTENA 2.4M	unit	917.92	-	1	1	2
	SOPORTE DE ANTENA 3.0M	unit	1,193.29	-			
	SOPORTE DE ANTENA 3.7M	unit	1,491.62	-			
<b>EQUIPOS DE SUPERVISIÓN Y CONTROL</b>							
	PC PORTATIL CENTRINO	uni	3,500.00	-			
<b>TOTAL SUMINISTROS (US\$.)</b>					<b>1,951.52</b>	<b>1,951.52</b>	<b>3,903.03</b>

De acuerdo a las Tablas 7.1 a 7.5, consolidamos los datos en la Tabla 7.6

Tabla 7.6 Cuadro Resumen de Costos para un Enlace SDH 3000S 1+1



**RESUMEN GENERAL DE LA PROPUESTA ECONOMICA  
PROYECTO SDH 2008-1  
MICROONDAS SDH 3000S: AGOPITI - CAJAMARCA 1+1**

ITEM	DESCRIPCION	COSTOS	
		FCA US\$	US\$ LOCAL
1	RESUMEN EQUIPOS DE RADIO 3000S	39,388.98	
2	RESUMEN EQUIPOS DE RADIO 2000S		
3	RESUMEN SISTEMA AÉREO	15,799.47	
4	INSTALACION		19,638.48
5	TRANSPORTE LOCAL		3,854.56
6	BIENES LOCALES		3,903.03
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>55,188.45</b>	<b>27,396.07</b>

Hay que considerar que el costo de Transporte Local es desde almacén en Lima hasta Cajamarca y el Cerro Agopiti.

Pues el costo en fábrica multiplicado por el factor 1.11, un Agente de Aduana nos entregaría el material en un almacén de la ciudad de Lima. Dicho factor incluye: Transporte Internacional, Seguro y Desaduanaje. De esta manera el costo del material en sitio estaría completo.

En tal sentido el nuevo Total será:

$$(\$55\,188.45) \times (1.11) + \$27\,396.07 = \$88\,655.25$$

Los costos de instalación, transporte local y bienes locales deben cumplir un cronograma, por lo que el cronograma de la Tabla 7.7 es el que se propuso para culminar la ejecución del enlace en análisis.

## 7.2 Cronograma de Ejecución.

La empresa contratista encargada de ejecutar la instalación del enlace de microondas debe presentar un cronograma con el cual se compromete a terminar en un tiempo fijo.

Tabla 7.7 Cronograma de Ejecución y Pruebas para un Enlace SDH 3000S 1+1

### **CRONOGRAMA DE INSTALACIÓN SDH 2008 TRAMO TRUJILLO - CAJAMARCA**

DETALLE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Traslado Lima - Trujillo	■																		
Coordinaciones																			
Traslado Trujillo - Cajamarca		■																	
Coordinaciones																			
Traslado Cajamarca - Agopiti			■																
Armado de soportes				■															
Montaje de soportes					■														
Armado de antenas						■													
Anclaje de Rack							■												
Anclaje de DHY								■											
Energizado de Radio y Dhy									■										
Montaje de antena										■									
Colocacion Brazos de azimut											■								
Izaje de GO												■							
Traslado Agopiti - Cajamarca													■						
Coordinaciones																			
Armado y montaje de soporte																			
Instalación de Radio y DHy																			
Armado de antena																			
Anclaje de Rack																			
Anclaje de DHY																			
Energizado de Radio y Dhy																			
Montaje de antena																			
Colocacion Brazos de azimut																			
Izaje y fijación de GO																			
Preparación cables STM1																			
Izaje de GO																			
Pruebas Locales en Cajamarca																			
Pruebas Locales en Agopiti																			
Firma de Protocolos																			
Traslado Cajamarca - Lima																			

**Nota:**

No se considera el clima existente, el cual puede retrasar el presente cronograma, igualmente se requiere vehiculo de doble tracción.

De esta manera la empresa contratista queda comprometida en terminar el enlace en 19 días desde su salida de Lima.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- 1) Luego de comprobar los valores obtenidos en la Tablas 6.3 y 6.4, se realizó la prueba de BER resultando como era de esperarse: Cero errores en 24 horas. A partir de ese momento el sistema en prueba está en condiciones de transportar tráfico (STM-1).
- 2) La demanda por más ancho de banda o requerimiento de más STM-1 será atendido de la siguiente manera: El sistema permite crecer hasta un STM-1 adicional (Figura 5.6), pues para más de un STM-1 se tendrá que realizar otro replanteo en cada estación y considerar otra banda de frecuencia de acuerdo a las recomendaciones de la UIT.
- 3) Analizando los resultados de la Tabla 7.6, dicho monto es para un enlace, pues si consideramos el enlace de Trujillo hasta Cajamarca se tendrá que multiplicar por tres y además sumar el costo para dos antenas y sus respectivas guías de onda (Hay diversidad entre Cerro Ragache y Cerro Agopiti). El resultado nos indicará aproximadamente el costo del enlace completo. Definitivamente el costo más exacto se obtendrá al dimensionar los costos desglosados usando las tablas 7.1 a 7.5.

### Recomendaciones

- 1) Al realizar el replanteo para nuevos enlaces y/o ampliaciones es necesario planificar y coordinar con diferentes Áreas y Negocios de la empresa, ya que siempre es necesario proyectarse a largo plazo; el enlace implementado debe justificar su inversión y no quedar obsoleto en corto tiempo.
- 2) Muchas Estaciones de Microondas se encuentran en lugares con poca facilidad de acceso que incluyen largas caminatas, pues para implementar los enlaces hay que optimizar los siguientes trabajos y de esa manera evitar muchos viajes a las Estaciones: Logística del Proyecto, Planificación e Ingeniería, Obras Civiles, Potencia Instalada, Estudios Topográficos y Mantenimiento de las carreteras si es necesario.
- 3) Siempre hay que tener supervisado el estado de los radioenlaces y de esta manera determinar el correcto funcionamiento de los equipos, estas actividades se deben

considerar dentro de un plan periódico preventivo de mantenimiento, así como también se deben crear procedimientos para optimizar los mismos.

4) El equipo DMR SDH 3000S nos proporciona una Tarjeta Interfaz Estándar para alarmas internas y cableado de alarmas externas que incluye supervisión y control, se debe considerar que existen factores ajenos que pueden deteriorar las conexiones y cables de comunicación como es el caso de los roedores. Pues siempre se debe contar con un personal encargado por zonas para realizar la reparación de las averías menores que puedan presentarse.

**ANEXO A**

**ESPECIFICACIONES TECNICAS  
ANTENA ANDREW: UHX8-59W-P3A**

# Product Specifications



## UHX8-59W-P3A

8 ft Ultra High Performance Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized, 5.925–7.125 GHz, CPRG flange, gray antenna, enhanced white radome with flash, standard pack—one-piece reflector



## CHARACTERISTICS

### General Specifications

Diameter, nominal	2.4 m   8 ft
Antenna Input	CPR137G
Antenna Type	UHX - Ultra High Performance Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized
Polarization	Dual
Reflector Construction	One-piece reflector
Antenna Color	Gray
Radome Color	White
Radome Material Description	Enhanced
Flash Included	Yes
Packing	Standard pack

### Electrical Specifications

Operating Frequency Band	5.925 - 7.125 GHz
Gain, Top Band	42.3 dBi
Gain, Mid Band	41.7 dBi
Gain, Low Band	41.0 dBi
Front-to-Back Ratio	68 dB
Cross Polarization Discrimination (XPD)	36 dB
Beamwidth, Horizontal	1.4 °
Beamwidth, Vertical	1.4 °
VSWR	1.08
Return Loss	28.3 dB
Radiation Pattern Envelope Reference (RPE)	1115   1116
Electrical Compliance	US FCC Part 101A   US FCC Part 74A   ETSI Class 2

### Mechanical Specifications

Wind Velocity Operational	112 km/h	70 mph
Wind Velocity Survival Rating	200 km/h	124 mph

From North America, toll free  
Telephone: 1-800-255-1479  
Fax: 1-800-349-5444

Outside North America  
Telephone: +1-708-873-2307  
Fax: +1-779-435-8579

© 2008 CommScope, Inc. All rights reserved.  
All specifications are subject to change. Please see [www.andrew.com](http://www.andrew.com)  
for the most current information.

# Product Specifications



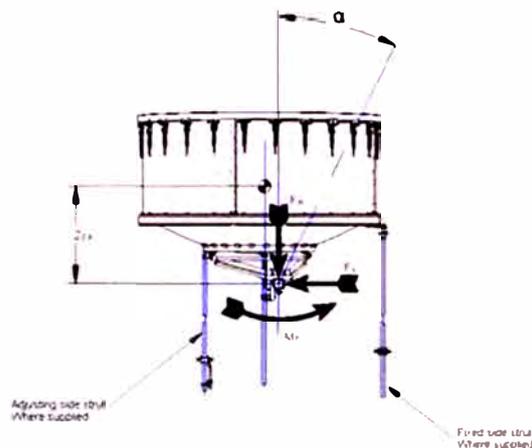
UHX8-59W-P3A

Fine Azimuth Adjustment	$\pm 5^\circ$
Fine Elevation Adjustment	$\pm 5^\circ$
Mounting Pipe Diameter	115 mm   4.5 in
Side Struts, Included	1 outboard   1 inboard
Side Struts, Optional	2 outboard
Net Weight	227 kg   500 lb

## Wind Forces At Wind Velocity Survival Rating

Axial Force (FA)	2537 lbf   11284 N
Side Force (FS)	1257 lbf   5590 N
Twisting Moment (MT)	-4901 N•m   -3615 lb/ft
Angle $\alpha$ for MT Max	-110°
Force on Inboard Strut Side	4260 N   958 lbf
Force on Outboard Strut Side	5630 N   1266 lbf
Zcg without Ice	673 mm   26 in
Zcg with 1/2" (12 mm) Radial Ice	729 mm   29 in
Weight with 1/2" (12 mm) Radial Ice	454 kg   1001 lb

## Wind Forces At Wind Velocity Survival Rating Image



## Packed Dimensions

Gross Weight, Packed Antenna	461.0 kg   1016.3 lb
Length	2720.0 mm   107.1 in
Width	1200.0 mm   47.2 in
Height	2540.0 mm   100.0 in
Volume	8.3 m <sup>3</sup>

From North America, toll free  
Telephone: 1-800-255-1479  
Fax: 1-800-349-5444

Outside North America  
Telephone: +1-708-873-2307  
Fax: +1-779-435-8579

© 2008 CommScope, Inc. All rights reserved.  
All specifications are subject to change. Please see [www.andrew.com](http://www.andrew.com)  
for the most current information.

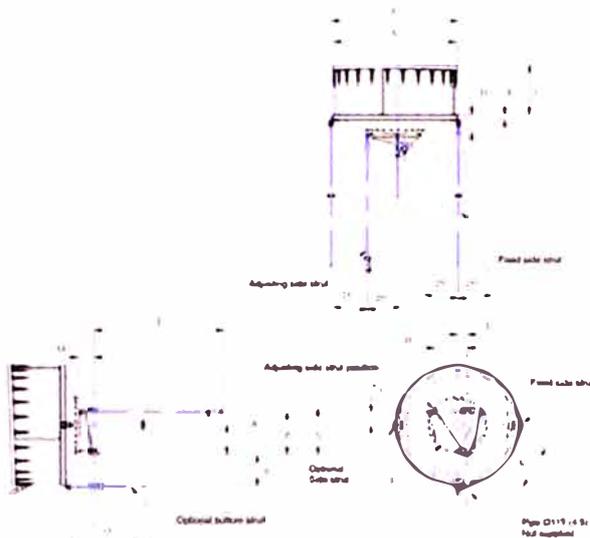
page 2 of 4

# Product Specifications

UHXX8-59W-P3A



## Antenna Dimensions And Mounting Information



ANTENNA DIMENSIONS			
All dimensions in mm (inches)			
A	2540 (100.5)	K	990 (39.5)
B	2705 (108.5)	L	300 (6)
C	1000 (41.75)	M	330 (13)
O	380 (15.5)	P <sub>1</sub>	950 (37.5)
E	125 (5.0)	P	895 (35.25)
F	1100 (43.25)	R	625 (24.5)
G	1925 (80)	S	995 (27.25)
H	680 (26.75)	T	3050 (120)
J	275 (10.75)		

### \* Footnotes

#### Axial Force (FA)

Maximum forces exerted on a supporting structure as a result of wind from the most critical direction for this parameter. The individual maximums specified may not occur simultaneously. All forces are referenced to the mounting pipe.

#### Cross Polarization Discrimination (XPD)

The difference between the peak of the co-polarized main beam and the maximum cross-polarized signal over an angle twice the 3 dB beamwidth of the co-polarized main beam.

#### Front-to-Back Ratio

Denotes highest radiation relative to the main beam, at  $180^\circ \pm 40^\circ$ , across the band. Production antennas do not exceed rated values by more than 2 dB unless stated otherwise.

#### Gain, Mid Band

For a given frequency band, gain is primarily a function of antenna size. The gain of Andrew antennas is determined by either gain by comparison or by computer integration of the measured antenna patterns.

#### Operating Frequency Band

Bands correspond with CCIR recommendations or common allocations used

# Product Specifications

LHX8-59W-P3A



	throughout the world. Other ranges can be accommodated on special order.
Packing	Andrew standard packing is suitable for export. Antennas are shipped as standard in totally recyclable cardboard or wire-bound crates (dependent on product). For your convenience, Andrew offers heavy duty export packing options.
Radiation Pattern Envelope Reference (RPE)	Radiation patterns determine an antenna's ability to discriminate against unwanted signals under conditions of radio congestion. Radiation patterns are dependent on antenna series, size, and frequency.
Return Loss	The figure that indicates the proportion of radio waves incident upon the antenna that are rejected as a ratio of those that are accepted.
Side Force (FS)	Maximum axial forces exerted on support structures by side struts as a result of a 200 km/h (125 mph) wind from the most critical direction and extreme angle permitted. The forces are a component of, not in addition to, the maximum forces specified above.
Twisting Moment (MT)	Maximum forces exerted on a supporting structure as a result of wind from the most critical direction for this parameter. The individual maximums specified may not occur simultaneously. All forces are referenced to the mounting pipe.
VSWR	Maximum; is the guaranteed Peak Voltage-Standing-Wave-Ratio within the operating band.
Wind Velocity Operational	The wind speed where the antenna deflection is equal to or less than 0.1 degrees.
Wind Velocity Survival Rating	Microwave antennas, including mounts and radomes, where applicable, will withstand the simultaneous wind and ice conditions as specified.

From North America, toll free  
Telephone: 1-800-255-1479  
Fax: 1-800-349-5444

Outside North America  
Telephone: +1-708-873-2307  
Fax: +1-779-435-8579

© 2008 CommScope, Inc. All rights reserved.  
All specifications are subject to change. Please see [www.andrew.com](http://www.andrew.com)  
for the most current information.

**ANEXO B**

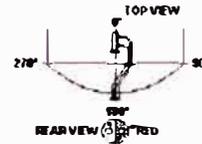
**ESPECIFICACIONES TECNICAS  
PATRON DE RADIACION ANDREW: UHX8-59**

# UHX8-59 - Radiation Pattern Envelope

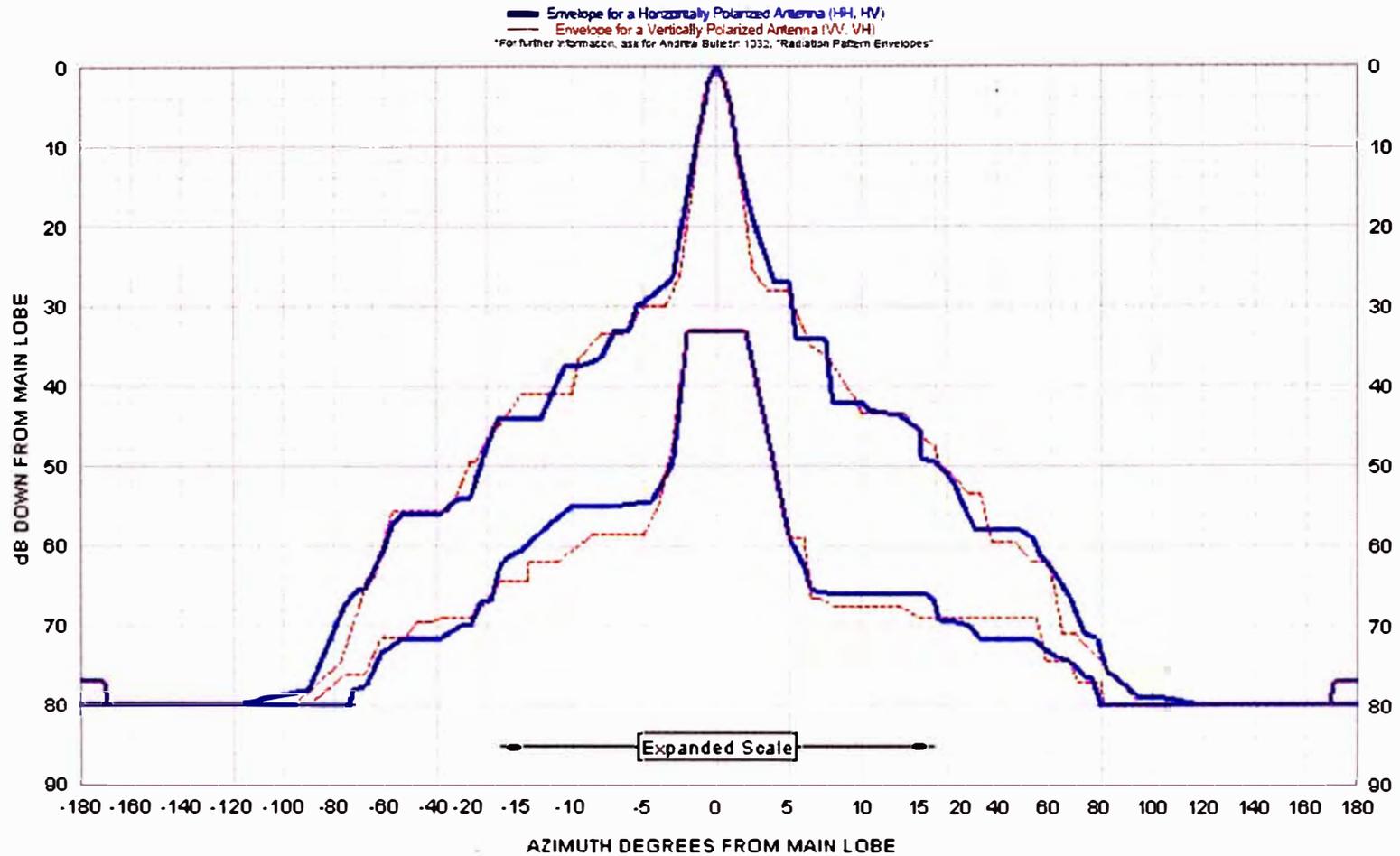


## Red Right Feed Orientation

Feed is installed as illustrated with the RED indicator positioned toward the Right as viewed from the back of the antenna.



RPE: 1053J  
Engineering Approved:  
04 October 2000

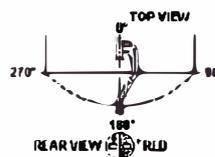


## UHX8-59 - Radiation Pattern Envelope



### Red Right Feed Orientation

Feed is installed as illustrated with the RED indicator positioned toward the Right as viewed from the back of the antenna.



**ANDREW**  
RPE 1653J

Engineering Approved:  
04 October 2000

H/H		H/V		V/V		V/H	
Angle	dB	Angle	dB	Angle	dB	Angle	dB
-180.00	-77.00	-180.00	-80.00	-180.00	-77.00	-180.00	-80.00
-171.00	-77.00	-74.00	-80.00	-171.00	-77.00	-90.00	-80.00
-169.00	-80.00	-72.50	-78.00	-169.00	-80.00	-75.50	-76.00
-120.00	-80.00	-67.50	-77.50	-96.00	-80.00	-68.00	-76.00
-90.00	-78.00	-61.00	-73.00	-82.50	-76.00	-61.50	-71.50
-84.00	-73.50	-59.50	-73.00	-77.50	-74.50	-52.00	-71.50
-76.00	-67.50	-53.00	-71.50	-70.50	-68.00	-47.50	-69.50
-71.00	-65.50	-38.00	-71.50	-67.00	-64.00	-42.00	-69.50
-68.00	-65.50	-30.00	-70.00	-64.00	-64.00	-37.00	-69.00
-60.00	-60.00	-26.50	-70.00	-57.00	-55.50	-26.50	-69.00
-57.50	-57.50	-22.50	-67.00	-34.50	-55.50	-21.50	-67.50
-53.50	-56.00	-18.50	-67.00	-26.50	-49.50	-15.00	-64.50
-38.50	-56.00	-15.00	-62.50	-24.50	-49.50	-13.00	-64.50
-31.00	-54.00	-14.50	-61.50	-17.00	-45.00	-13.00	-62.00
-26.50	-54.00	-13.50	-60.50	-15.00	-45.00	-11.00	-62.00
-21.00	-48.50	-12.00	-58.00	-13.50	-41.00	-8.50	-58.50
-15.50	-44.00	-10.00	-55.00	-10.00	-41.00	-5.00	-58.50
-12.00	-44.00	-7.00	-55.00	-9.50	-36.50	-4.00	-55.00
-12.00	-43.50	-5.00	-54.50	-8.00	-33.50	-3.00	-47.00
-10.50	-37.50	-4.50	-54.50	-6.50	-33.50	-2.00	-33.00
-9.50	-37.50	-3.00	-49.50	-5.00	-30.00	0.00	-33.00
-8.00	-36.50	-2.00	-33.00	-3.50	-30.00	2.00	-33.00
-7.00	-33.00	0.00	-33.00	-2.50	-26.00	5.00	-59.00
-6.00	-33.00	2.00	-33.00	-1.00	-6.50	6.00	-59.00
-5.50	-30.00	5.00	-59.00	-0.50	-1.50	6.50	-66.50
-5.00	-29.50	6.00	-62.50	0.00	0.00	7.00	-66.50
-3.00	-26.50	6.50	-65.50	0.50	-1.50	8.00	-67.50
-2.50	-21.00	8.00	-66.00	1.00	-5.00	12.50	-67.50
-1.60	-12.00	14.50	-66.00	1.50	-11.50	14.00	-69.00
-1.00	-6.50	15.00	-67.00	2.50	-25.50	55.00	-69.00
-0.50	-1.50	17.00	-69.50	3.50	-28.00	58.50	-74.50
0.00	0.00	23.50	-69.50	5.00	-28.00	67.50	-74.50
0.50	-1.50	28.50	-70.00	5.00	-28.50	71.00	-77.00
1.00	-5.00	32.50	-71.50	6.50	-35.00	80.00	-77.00
1.50	-11.50	53.00	-71.50	7.50	-36.00	81.00	-80.00
2.50	-19.00	58.50	-73.00	9.50	-41.50	180.00	-80.00
4.00	-27.00	63.50	-74.00	10.00	-43.50		
5.00	-27.00	68.50	-74.50	13.00	-43.50		
5.50	-34.00	74.00	-76.50	14.50	-47.00		
7.50	-34.00	76.50	-76.50	15.00	-47.50		
8.00	-42.00	80.00	-80.00	17.00	-50.00		
10.00	-42.00	180.00	-80.00	21.50	-51.00		

Andrew Corporation  
3 Westbrook Corporate Center  
Suite 900  
Westchester, Illinois 60154 USA

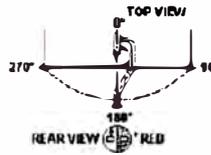
Corporate Web Site: <http://www.andrew.com>  
Customer Service Center: 1-800-255-1479  
Outside North America Telephone +1 708 873-2307

## UHX8-59 - Radiation Pattern Envelope



### Red Right Feed Orientation

Feed is installed as illustrated with the RED indicator positioned toward the Right as viewed from the back of the antenna



RPE: 1653J

Engineering Approved:  
04 October 2000

H/H(cont'd)		H/V(cont'd)		V/V(cont'd)		V/H(cont'd)	
Angle	dB	Angle	dB	Angle	dB	Angle	dB
10 50	-43.00			28 50	-53.50		
12 00	-43.50			33 00	-53.50		
12 50	-43.50			37 50	-59.50		
14 00	-45.50			46 50	-59.50		
14 00	-49.00			53 00	-62.00		
15 00	-49.50			60 00	-62.00		
17 00	-50.00			65 00	-71.00		
22 50	-52.00			70 00	-71.00		
25 00	-54.00			96 00	-80.00		
31 00	-58.00			169 00	-80.00		
38 00	-58.00			171 00	-77.00		
48 50	-58.00			180 00	-77.00		
53 50	-59.00						
56 00	-61.00						
61 00	-63.00						
68 00	-66.50						
73 50	-71.00						
78 50	-71.50						
82 00	-75.50						
95 00	-79.00						
104 00	-79.00						
120 00	-80.00						
169 00	-80.00						
171 00	-77.00						
180 00	-77.00						

Andrew Corporation  
3 Westbrook Corporate Center  
Suite 900  
Westchester, Illinois 60154 USA

Corporate Web Site: <http://www.andrew.com>  
Customer Service Center 1-800-255-1479  
Outside North America Telephone +1 708 873-2307

**ANEXO C**

**GUÍA DE ONDA: EWP64-65**

# Product Specifications



## EWP64-65

EWP64, HELIAX® Premium Elliptical Waveguide, 6.425–7.125 GHz, black PE jacket



## CHARACTERISTICS

### Construction Materials

Jacket Material	PE
Conductor Material	Corrugated copper
Jacket Color	Black

### Dimensions

Cable Volume	725.0 L/km   7.8 ft <sup>3</sup> /kft
Cable Weight	0.73 kg/m   0.49 lb/ft
Diameter Over Jacket (E Plane)	48.50 mm   1.91 in
Diameter Over Jacket (H Plane)	28.40 mm   1.12 in

### Electrical Specifications

Operating Frequency Band	6.425 – 7.125 GHz
eTE11 Mode Cutoff	4.320 GHz
Group Delay	125 ns/100 ft @ 7.400 GHz   411 ns/100 m @ 7.400 GHz

### Environmental Specifications

Installation Temperature	-40 °C to +60 °C (-40 °F to +140 °F)
Operating Temperature	-55 °C to +85 °C (-67 °F to +185 °F)
Storage Temperature	-70 °C to +85 °C (-94 °F to +185 °F)

### General Specifications

Brand	HELIAX®
-------	---------

### Mechanical Specifications

Maximum Twist	3.00 °/m   1.00 °/ft
Minimum Bend Radius, Multiple Bends (E Plane)	260.00 mm   10.00 in
Minimum Bend Radius, Multiple Bends (H Plane)	685.00 mm   27.00 in
Minimum Bend Radius, Single Bend (E Plane)	260.00 mm   10.00 in
Minimum Bend Radius, Single Bend (H Plane)	685.00 mm   27.00 in

### Standard Conditions

Attenuation, Ambient Temperature	24 °C   75 °F
Average Power, Ambient Temperature	40 °C   104 °F
Average Power, Temperature Rise	42 °C   76 °F

# Product Specifications

EWP64-65



## Return Loss

Frequency Band	VSWR	Return Loss (dB)
6.425-7.125 GHz	1.06	30.70

## Attenuation

Frequency (GHz)	Attenuation (dB/100 ft)	Attenuation (dB/100 m)	Average Power (kW)	Group Velocity %
6.4	1.608	5.276	3.917	74
6.6	1.568	5.145	4.017	75.8
6.8	1.534	5.033	4.107	77.4
7	1.505	4.938	4.186	78.8

## Regulatory Compliance/Certifications

### Agency

RoHS 2002/95/EC  
China RoHS SJ/T 11364-2006

### Classification

Compliant  
Logo 1



**ANEXO D**

**PERFILES**

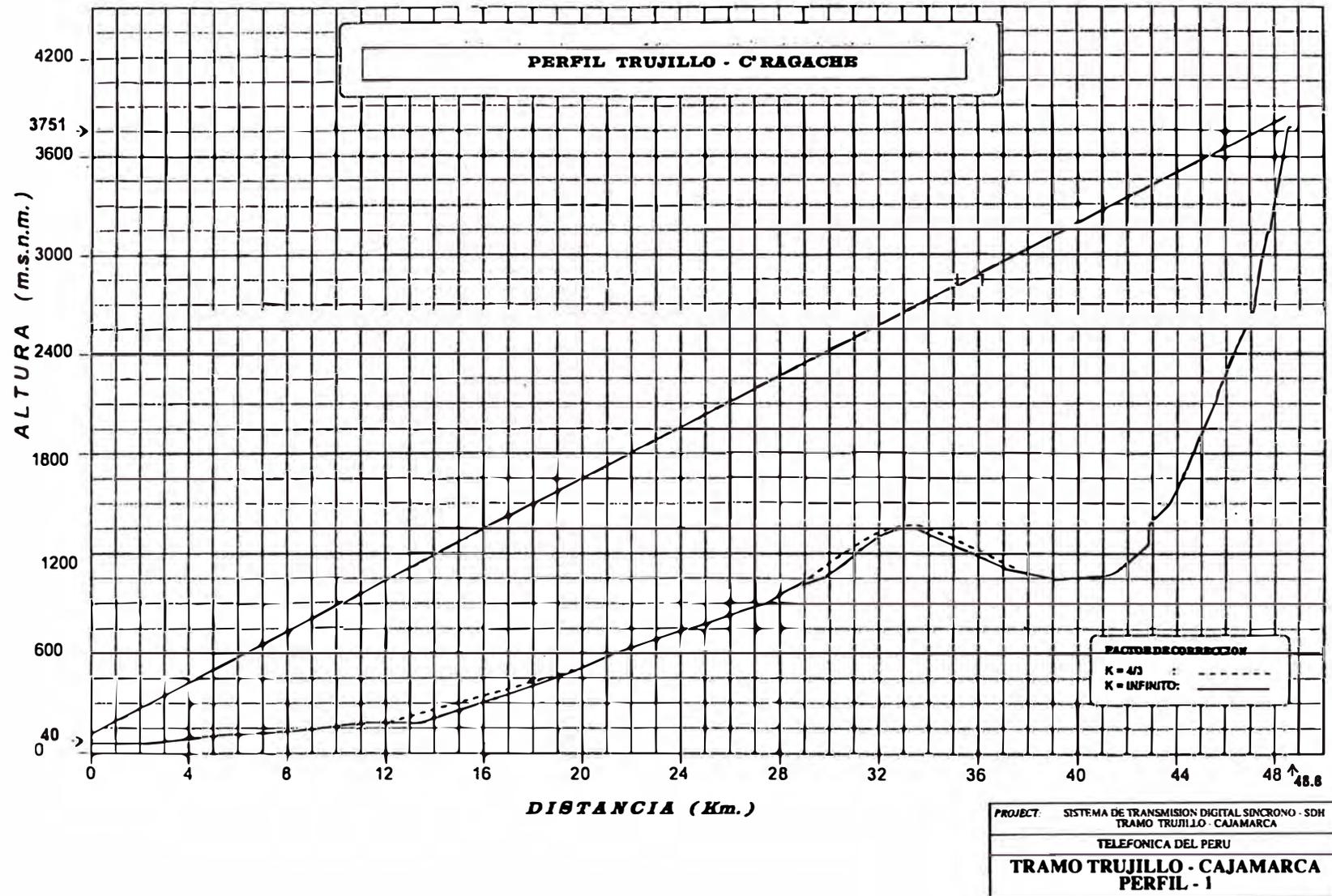


Figura D.1 Perfil Trujillo – Cerro Ragache, realizado en 1996

ESTACION A - ESTACION B

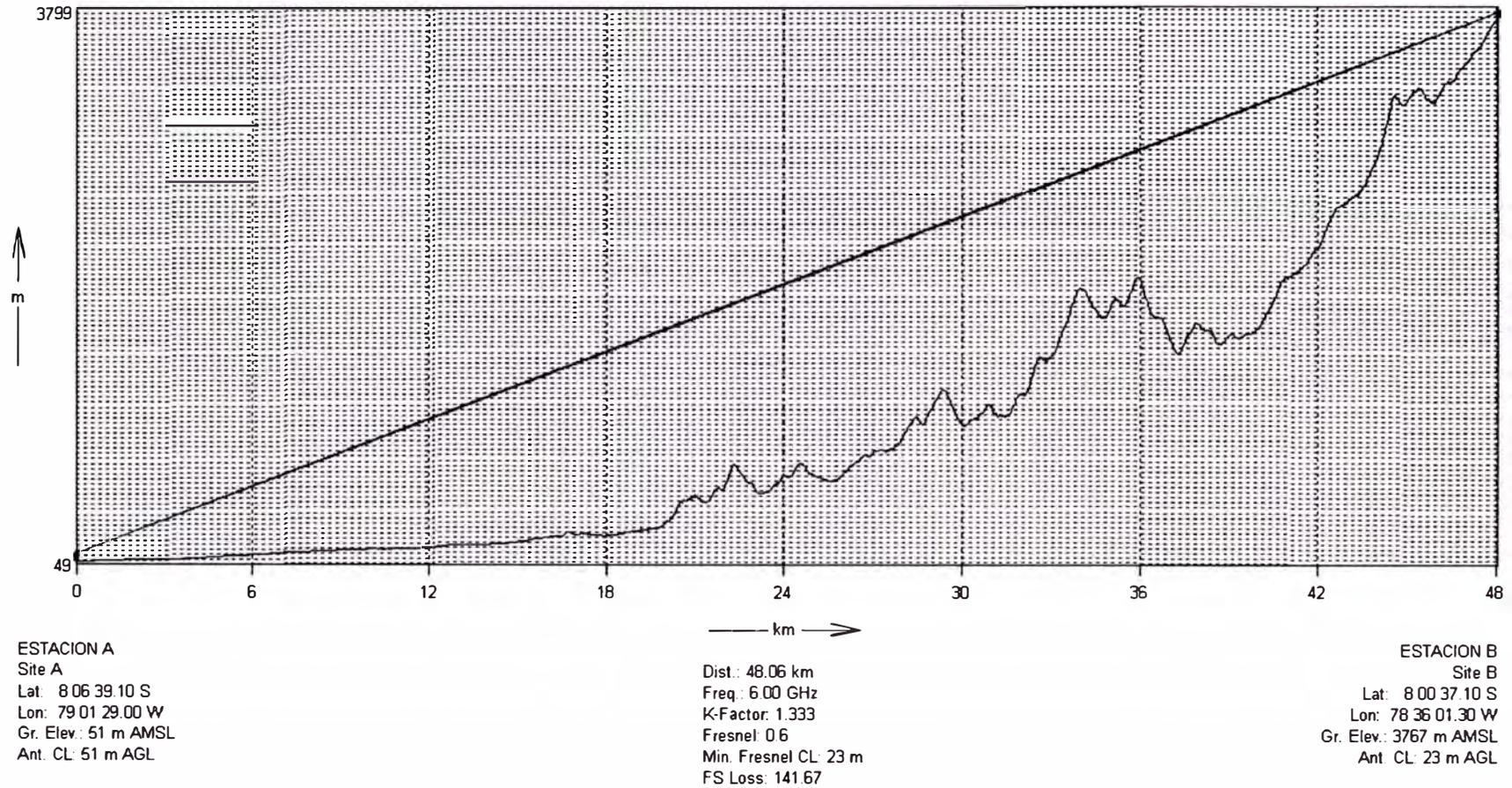


Figura D.2 Perfil Trujillo – Cerro Ragache, simulado con el Optimi Wizard el 2008.

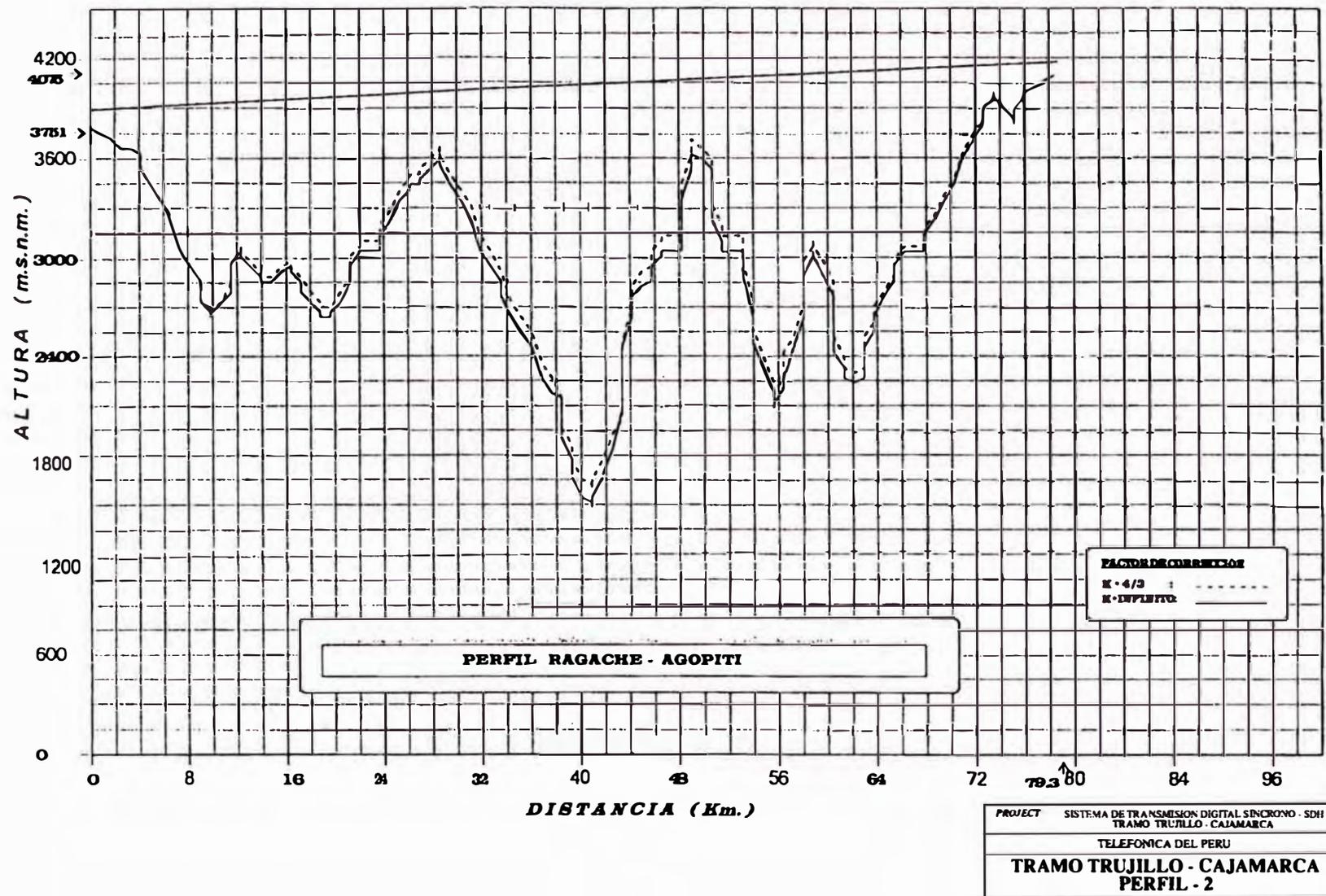


Figura D.3 Perfil Cerro Ragache – Cerro Agopiti, realizado en 1996

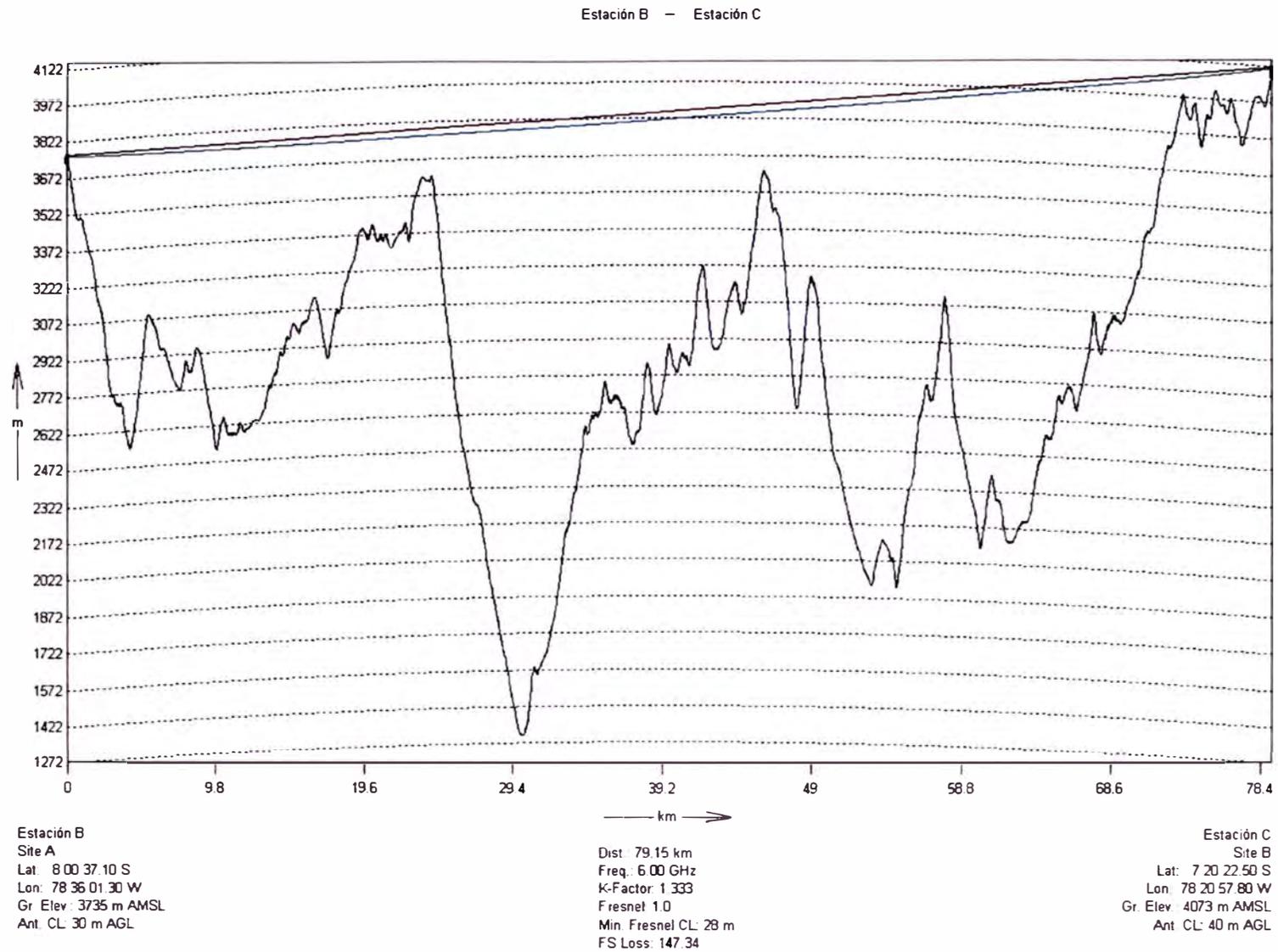


Figura D.4 Perfil Cerro Ragache – Cerro Agopiti, simulado con el Optimi Wizard el 2009.

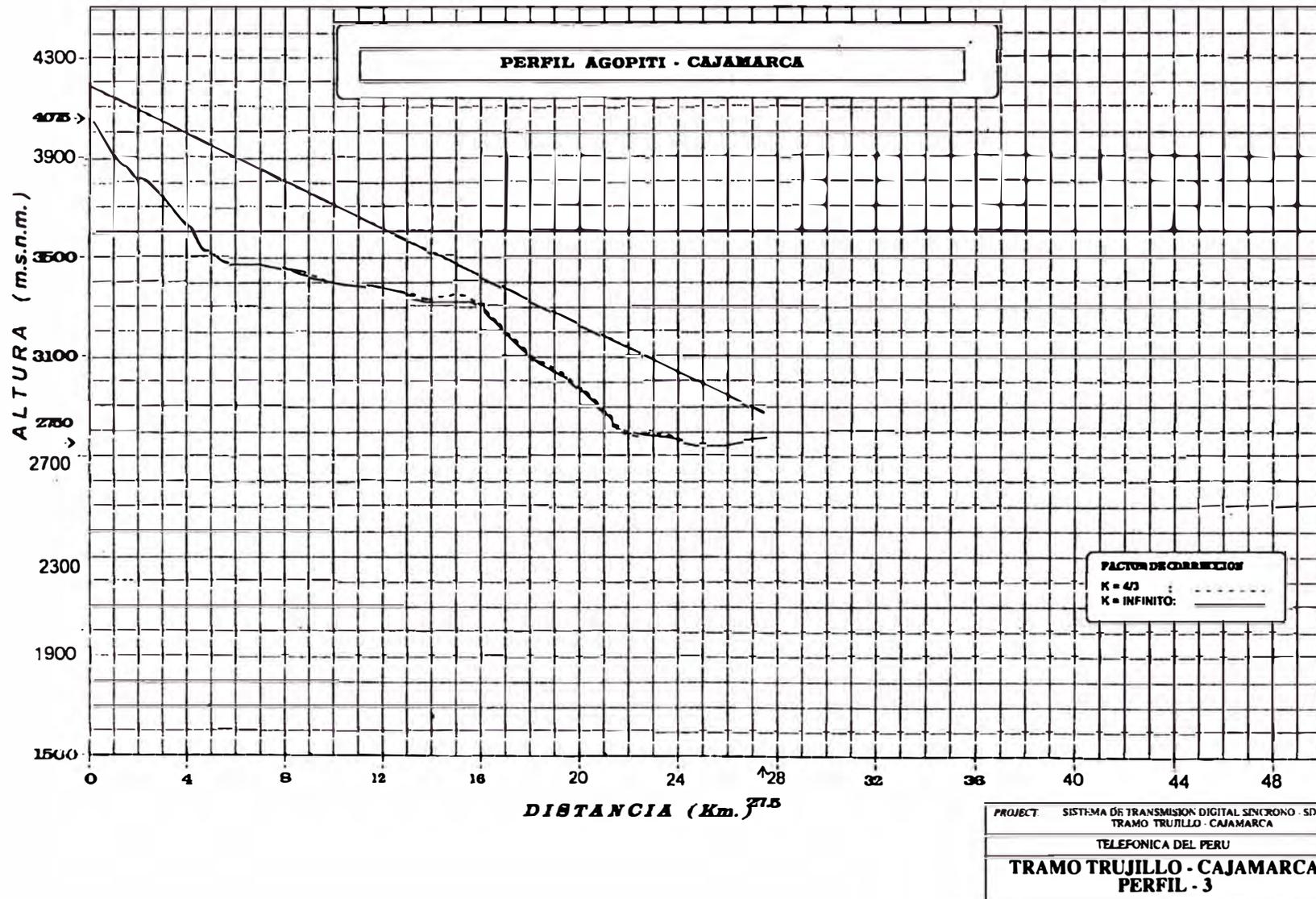


Figura D.5 Perfil Cerro Agopiti – Cajamarca, realizado en 1996.

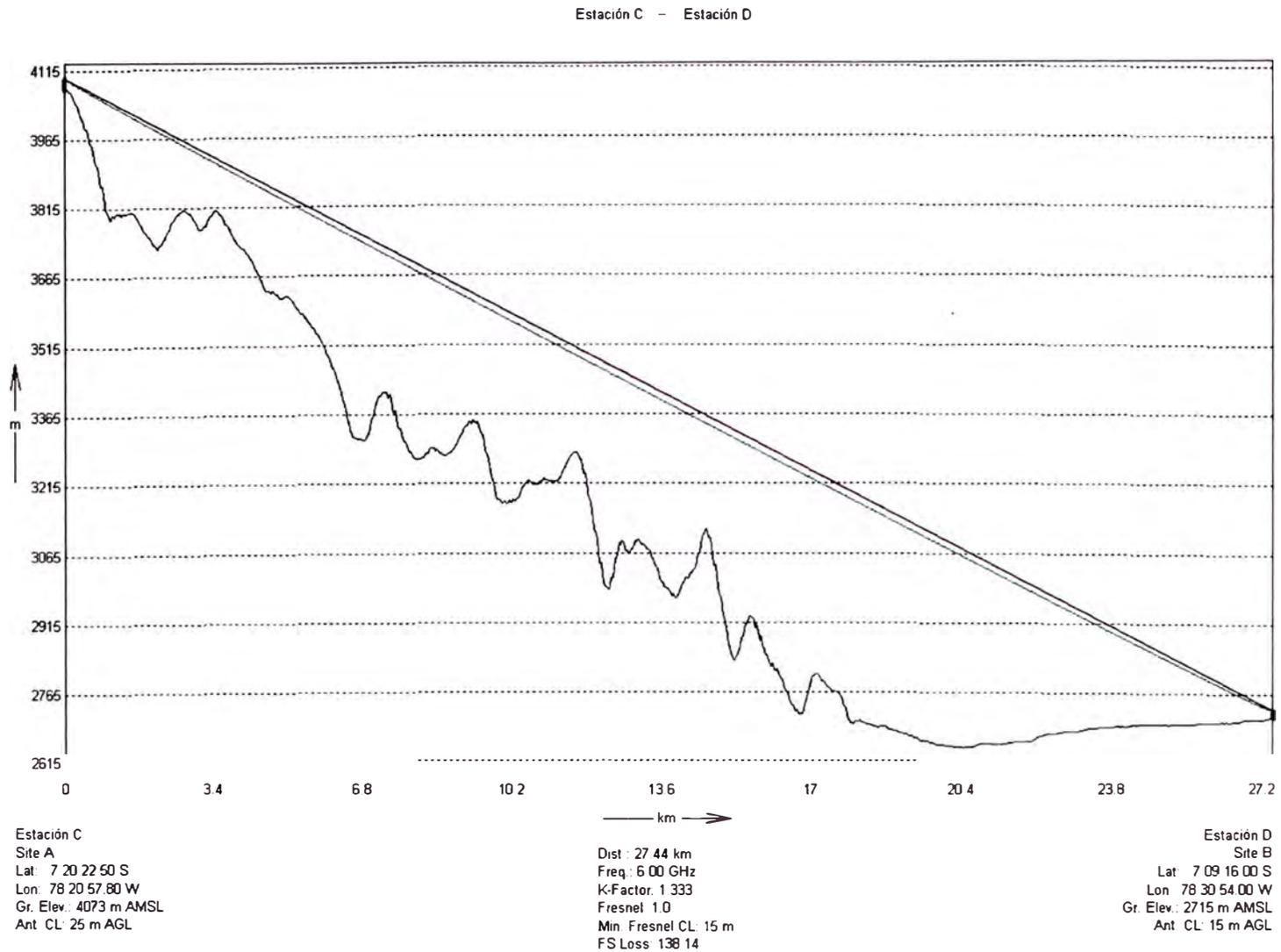


Figura D.6 Perfil Cerro Agopiti – Cajamarca, simulado con el Optimi Wizard el 2009.

## **ANEXO E**

### **CALCULO DE PROPAGACIÓN**

ESTACION C	C° AGOPITI
ESTACION D	CAJAMARCA

1	FRECUENCIA CENTRAL	[GHZ]	6.175
2	CONGURACION		1+1
3	MODULACION		128QAM
4	CAPACIDAD DEL SISTEMA	[MB/S]	155.0
5	SEPARACION ENTRE ESTACION C y ESTACION D	[KM]	27.4
6	ELEVACION DE ESTACION C	[M]	4106.0
7	ELEVACION DE ESTACION D	[M]	2750.0
8	<b>INCLINACION DE LA RUTA</b>	[M/KM]	<b>49.9</b>
9	ALTURA DE ANTENA 'C' EN LA TORRE	[M]	25.0
10	ALTURA DE ANTENA 'D' EN LA TORRE	[M]	15.0
11	LONGITUD DE GUIA DE ONDA EN LA ESTACION C	[M]	45.0
12	LONGITUD DE GUIA DE ONDA EN LA ESTACION D	[M]	40.0
13	PERDIDA POR METRO EN LA GUIA DE ONDA	[DB/M]	0.053
14	<b>PERDIDA TOTAL EN GUIA DE ONDA</b>	[DB]	<b>4.5</b>
15	PERDIDA EN BR CKT	[DB]	5.7
16	PERDIDA DE ESPACIO LIBRE	[DB]	137.0
17	PERDIDA ADICIONALES	[DB]	0.0
18	<b>TOTAL DE PERDIDAS</b>	[DB]	<b>147.2</b>
19	TIPO DE ANTENA EN ESTACION C		Parabólica
20	TIPO DE ANTENA EN ESTACION D		Parabólica
21	DIAMETRO DE ANTENA EN ESTACION C	[M]	2.4
22	DIAMETRO DE ANTENA EN ESTACION D	[M]	2.4
23	GANANCIA DE ANTENA EN ESTACION C	[DBI]	41.0
24	GANANCIA DE ANTENA EN ESTACION D	[DBI]	41.0
25	GANACIA DE ANTENA	[DBI]	82.0
26	POTENCIA DE SALIDA DE EQUIPO (TX)	[DBM]	32.0
27	<b>NIVEL DE POTENCIA DE RECEPCION</b>	[DBM]	<b>-33.2</b>
28	THRESHOLD (BER=10 <sup>-3</sup> )	[DBM]	-73.7
29	MARGEN DE DESVANECIMIENTO	[DB]	40.5

## BIBLIOGRAFIA

1. Oscar Jaime Gómez Garay, Jerarquía Digital Síncrona – Aplicaciones, UNI – FIEE Informe de Suficiencia, 2002
2. Fortunato Hermenegildo Almidón Tomasto, Diseño de un Sistema de Transmisión Digital para la Red Troncal de M.O. y Redes Secundarias del Proyecto La Merced Selva Central, UNI – FIEE Tesis, 1988
3. Ramiro Huarcaya Segovia, Jerarquía Digital Síncrona, UNI – FIEE Informe de Suficiencia, 2002
4. Miguel Ángel Torres Sánchez, Gestión de Redes SDH, UNI – FIEE Informe de Suficiencia, 2006
5. NEC Corporation, Equipo de Radio de Microondas SDH 3000S - 4/5/6/7/8/11GHz 64/128QAM - Manual de Instrucciones Vol. 1, Tokio - Japón, 2006
6. Adrián Richard Bustos Sánchez, Diseño e Implementación del Sistema de Microondas Digital 1+0 de 8 Mbps para la Empresa de Transmisión Eléctrica CENTRO NORTE - ETECEN, UNI – FIEE Informe de Ingeniería, 2003
7. NEC Corporation, Manual del Sistema de Microondas – Radio enlace SDH Norte del Perú, Tokio - Japón, 1996