

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



DISEÑO DE RADIOENLACES POR MICROONDAS DE TARAPOTO A CERRO DIVISORIA (TINGO MARIA) INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR:

EBERTH ULISES NAVARRO ARELLANO

PROMOCIÓN

2006 - I

**LIMA – PERÚ
2010**

**DISEÑO DE RADIOENLACES POR MICROONDAS DE TARAPOTO A CERRO
DIVISORIA (TINGO MARIA)**

Quisiera dedicar esta tesina a Dios que me regalo una familia maravillosa y que tanto amo como son mi abuelo Abraham, mi madre Betzabe, mi padre Daniel, mis hermanos Yesenia y Marlon, mi esposa Cynthia, que me dio el motivo más grande para vivir, mi hija Sabrina. Ustedes son la base de mi vida, gracias por estar conmigo en todo momento y confiar en mí. Hija tu eres mi motivación, mi fuerza y mi templanza.

SUMARIO

El presente trabajo tiene como finalidad mostrar los pasos y procedimientos a seguir para realizar la planificación y diseño de una red de transmisiones bajo la tecnología SDH con el objetivo de aumentar la capacidad de E1 en la zona y preparándose la red para todos los requerimientos futuros, como es el aumento de tráfico para las estaciones bases, el aumento del tráfico de datos, voz.

Para la realización del proyecto se escogió a la región de San Martín y Huánuco, se utilizó la infraestructura existente para reducir el costo del proyecto. Esta red servirá para impulsar el desarrollo en la región y para que mejore la comercialización de productos.

Con esta red permitirá tener rutas alternativas para el tráfico de E1, para que sirva como protección ante los desastres naturales o los realizados por el hombre.

En el primer capítulo hemos abarcado toda la teoría necesaria para el diseño de radioenlace, en el segundo capítulo hemos aprovechado que tenemos conocimiento del tráfico existente en la zona y tratar que otros mercados podríamos usar para por intermedio de esta red troncal poder ofrecer la mayor y la mejor calidad de servicios a nuestros clientes.

En el capítulo 3 hemos realizado la parte de ingeniería propiamente tanto del radioenlace, energía, infraestructura y sistema de tierra del proyecto.

En el capítulo 4 se realizó los gastos de capital y mantenimiento de nuestro proyecto así como la ganancia que podríamos tener de este proyecto. Este proyecto puede servir de base de diferentes proyectos en otras regiones del país.

INDICE

| | |
|---|----|
| INTRODUCCION | 1 |
| CAPITULO I | |
| MARCO TEORICO | 3 |
| 1.1 Radiopropagación por ondas de espacio..... | 3 |
| 1.1.1 Conceptos generales..... | 3 |
| 1.1.2 Propagación | 3 |
| 1.1.3 Banda de frecuencia de propagación troposférica | 3 |
| 1.1.4 Tropósfera | 4 |
| 1.1.5 Influencia de la atmósfera en la propagación | 4 |
| 1.1.6 Mecanismo de propagación: refracción | 5 |
| 1.1.7 Curvatura de la tierra | 5 |
| 1.1.8 Atenuación del espacio libre..... | 6 |
| 1.1.9 Zonas de Fresnel | 7 |
| 1.1.10 Atenuación sobre obstáculos..... | 8 |
| 1.1.11 Influencia del margen sobre obstáculos..... | 9 |
| 1.1.12 Desvanecimientos en sistemas de radioenlaces | 9 |
| 1.1.13 Objetivo de performance del sistema de radioenlaces..... | 11 |
| 1.1.14 Profundidad de desvanecimiento | 12 |
| 1.1.15 Probabilidad de tiempo de interrupción..... | 13 |
| 1.1.16 Calidad de transmisión..... | 13 |
| 1.1.17 Interferencia en sistemas de radioenlaces | 14 |
| 1.1.18 Técnica de diversidad | 16 |
| 1.1.19 Confiabilidad del sistema..... | 17 |
| 1.1.20 Concepto de PDH | 18 |
| 1.1.21 Concepto de SDH | 19 |
| 1.2 Nuevas tecnologías | 25 |
| 1.2.1 Femtoceldas | 25 |

| | | |
|---|---|----|
| 1.2.2 | CDMA450 | 25 |
| 1.2.3 | Wimax..... | 26 |
| CAPITULO II | | |
| DETERMINACION DE NECESIDADES | | |
| 2.1 | Flujo de tráfico a transmitir..... | 28 |
| 2.1.1 | Demanda telefónica | 28 |
| 2.1.2 | Estudio de la demanda telefónica | 30 |
| 2.2 | Nuevos Mercados..... | 33 |
| CAPITULO III | | |
| INGENIERÍA DEL PROYECTO | | |
| 3.1 | Estrategia de encaminamiento de las estaciones..... | 34 |
| 3.2 | Situación de los radioenlaces de microondas en la zona en estudio | 35 |
| 3.3 | Frecuencias de operación en el Perú (PNAF)..... | 36 |
| 3.4 | Topología de la red | 37 |
| 3.4.1 | Asignaciones de frecuencia..... | 38 |
| 3.5 | Diseño de la red | 40 |
| 3.5.1 | Cálculo del comportamiento del sistema..... | 40 |
| 3.6 | Plan de canalización del sistema..... | 47 |
| 3.7 | Especificaciones técnicas del equipamiento de radio SDH | 47 |
| 3.7.1 | Sistema Irradiante, cableados, accesorios y distribuidores | 55 |
| 3.7.2 | Condiciones climáticas de funcionamiento | 56 |
| 3.7.3 | Compatibilidad electromagnética. | 56 |
| 3.7.4 | Gestión centralizada de los equipos a instalar | 56 |
| 3.8 | Características de las infraestructuras..... | 57 |
| 3.8.1 | Torres | 57 |
| 3.8.2 | Sistema de tierra..... | 58 |
| 3.9 | Programa de implementación | 65 |
| CAPITULO IV | | |
| EVALUACIÓN ECONÓMICA | | |
| 4.1 | CAPEX (CAPital EXpediture - Costos de Inversión) | 66 |
| 4.2 | OPEX (OPerating EXpediture - Costos de Operación y mantenimiento) | 67 |
| 4.3 | Cálculo del CAPEX..... | 67 |
| 4.4 | Cálculo del OPEX..... | 67 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 4.5 | Cálculo del Retorno de la Inversión..... | 69 |
| | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 71 |
| | ANEXO A | |
| | MAPA DE LOCALIZACION..... | 73 |
| | ANEXO B | |
| | ENRUTAMIENTO ACTUAL DEL TRAMO TARAPOTO - TOCACHE..... | 75 |
| | ANEXO C | |
| | PLAN DE ENRUTAMIENTO TARAPOTO - C. DIVISORIA | 77 |
| | ANEXO D | |
| | MAPAS CARTOGRAFICOS DE LAS ESTACIONES | 79 |
| | ANEXO E | |
| | PERFILES REALIZADOS A MANO Y POR SOFTWARE DE LOS ENLACES | 89 |
| | ANEXO F | |
| | ALTURA DETORRES Y ANTENAS - CALCULO DE LONGITUD DE ONDA | 104 |
| | ANEXO G | |
| | CALCULO DE PROPAGACION DE LOS RADIOENLACES | 107 |
| | ANEXO H | |
| | DATASHEET DEL SDH 5000 NEC - ANTENAS Y GUIA DE ONDA | 116 |
| | ANEXO I | |
| | GESTION PNMSJ SDH DMR 5000S TARAPOTO - C. DIVISORIA..... | 142 |
| | ANEXO J | |
| | DETALLE DE LA TORRE..... | 145 |
| | ANEXO K | |
| | CASSETAS TIPICAS..... | 147 |
| | ANEXO L | |
| | EQUIPO DE ALIMENTACION DC Y GRUPO ELECTROGENO DIESEL DE RE- SERVA SIMPLE | 150 |
| | ANEXO M | |
| | EQUIPO DE ALIMENTACION DC POR SISTEMA DE ENERGIA SOLAR | 152 |
| | ANEXO N | |
| | SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA NACIONAL..... | 154 |
| | ANEXO O | |
| | CONSUMO DE RADIO Y EQUIPAMIENTO POR SITIO | 156 |

| | |
|---|-----|
| 4.5 Cálculo del Retorno de la Inversión..... | 69 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 71 |
| ANEXO A | |
| MAPA DE LOCALIZACION..... | 73 |
| ANEXO B | |
| ENRUTAMIENTO ACTUAL DEL TRAMO TARAPOTO - TOCACHE..... | 75 |
| ANEXO C | |
| PLAN DE ENRUTAMIENTO TARAPOTO - C. DIVISORIA | 77 |
| ANEXO D | |
| MAPAS CARTOGRAFICOS DE LAS ESTACIONES | 79 |
| ANEXO E | |
| PERFILES REALIZADOS A MANO Y POR SOFTWARE DE LOS ENLACES | 89 |
| ANEXO F | |
| ALTURA DETORRES Y ANTENAS - CALCULO DE LONGITUD DE ONDA | 104 |
| ANEXO G | |
| CALCULO DE PROPAGACION DE LOS RADIOENLACES | 107 |
| ANEXO H | |
| DATASHEET DEL SDH 5000 NEC - ANTENAS Y GUIA DE ONDA | 116 |
| ANEXO I | |
| GESTION PNMSJ SDH DMR 5000S TARAPOTO - C. DIVISORIA..... | 142 |
| ANEXO J | |
| DETALLE DE LA TORRE..... | 145 |
| ANEXO K | |
| CASSETAS TIPICAS..... | 147 |
| ANEXO L | |
| EQUIPO DE ALIMENTACION DC Y GRUPO ELECTROGENO DIESEL DE RE- SERVA SIMPLE | 150 |
| ANEXO M | |
| EQUIPO DE ALIMENTACION DC POR SISTEMA DE ENERGIA SOLAR | 152 |
| ANEXO N | |
| SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA NACIONAL..... | 154 |
| ANEXO O | |
| CONSUMO DE RADIO Y EQUIPAMIENTO POR SITIO | 156 |

ANEXO P
CALCULO DE CAPEX 160
A ANEXO P
DATASHEET DEL ADM, BANCO DE BATERIAS Y PANEL SOLAR..... 171
BIBLIOGRAFIA 180

INTRODUCCION

El mundo de las telecomunicaciones viene sufriendo grandes transformaciones en los últimos años, resultantes principalmente del desarrollo tecnológico y de la desreglamentación de los mercados.

Desde el punto de vista del usuario, se ha verificado el aumento de la demanda por servicios de datos con altas tasas de transmisión y servicios de valor agregado, como complemento a los servicios de telefonía convencional. Las previsiones muestran que el volumen de tráfico de datos ya supera el tráfico de voz y este se torna la más importante fuente de lucro de las operadoras de telecomunicaciones. Los servicios de valor agregado deberán constituir el elemento de diferenciación entre las operadoras competentes, garantizando ventaja competitiva para aquellas que dispongan de los servicios en sintonía con las necesidades de sus clientes.

La zona del proyecto es una de las más importantes del país asimismo mismo la implementación de una red troncal de microondas SDH permitirá un desarrollo en la zona desde el punto de vista socio-económico, impulsando a gran escala la industria de extracción forestal , la agricultura y ganadería.

Esta Implementación permitirá terminar el anillo de microondas SDH en la región Nor – Oriente de la Selva, reemplazando los enlaces PDH y aprovechando la infraestructura existente para evitar costos mayores.

El plan de evolución de las redes de transporte (radioenlaces de microondas) de Telefónica del Perú S.A.A está enfocado a soportar la prestación de servicios tradicionales de voz y aumentar la penetración de los servicios de banda ancha móvil y banda ancha fija en todo el Perú.

Se tomará como premisa general de planificación de transporte asegurar las necesidades de ancho de banda demandadas por los accesos a transportar.

Asimismo se necesitará aumentar la capacidad de las redes 3G y la implementación futura de nuevas redes (LTE) que permitan tener una relación costo/eficiencia más alta para las previsiones de demanda de servicios de datos que se plantean para los próximos años.

En este trabajo, se realizará un estudio y diseño de la red de telecomunicaciones que unirá los departamentos de San Martín y Huánuco para brindar un mejor servicio y prever las futuras necesidades de ambas regiones.

El objetivo del presente trabajo es realizar el estudio y diseño del radioenlace que sirva de protección de la red nor oriente de la selva.

La red propuesta será de soporte de tráfico, asimismo servirá como protección dando mayor seguridad a nuestra red. También, podremos llegar con mayor capacidad a ciertos lugares donde antiguamente se llegaban a través de enlaces satelitales o a través de enlaces de microondas PDH.

Servirá para integrar las localidades del oriente, reemplazar enlaces satelitales y PDH de microondas en la zona, implementación del anillo de protección, en caso de indisponibilidad el tráfico es automáticamente dirigido a otra parte del anillo sin interrupción del servicio, asimismo disponer de un nuevo medio de transmisión para nuevos servicios.

CAPITULO I MARCO TEORICO

1.1.- Radiopropagación por ondas de espacio

1.1.1.-Conceptos generales

La propagación es la teoría para el diseño de radioenlaces. Los sistemas de radioenlaces es el principal soporte en las telecomunicaciones. En nuestro país, el 60% del sistema de telecomunicaciones, está conformado por radioenlaces, principalmente en lo referente a larga distancia. Los radioenlaces actualmente operativos en nuestro país, está conformado por los sistemas: VHF, UHF, M.O (PDH, SDH), etc.

1.1.2.-Propagación

La propagación es el flujo de energía electromagnética a través de la atmósfera. Los diversos sistemas de comunicaciones terrestres que transmiten información, encuentran como medio natural de propagación la denominada baja atmósfera ó sea la tropósfera. En los sistemas de radioenlaces se utilizan los modos de propagación de: La onda de espacio y la onda difractada.

La onda de espacio está constituida por una onda directa más una onda reflejada por la tierra. Se caracterizan por su propagación rectilínea a través de la tropósfera, más una parte por la reflexión. La onda difractada se propaga por difracción en obstáculos y en radio horizonte.

En general las ondas radioeléctricas del espacio tienen las siguientes propiedades: atenuación por espacio libre, por obstáculos, desvanecimiento, reflexión en el terreno, difracción en obstáculos y refracción en la atmósfera.

1.1.3.-Banda de frecuencia de propagación troposférica

Según definición de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), las comunicaciones terrestres, que transmiten información, el espectro de frecuencia está limitado a 30 – 30 000 MHz, y se clasifican en:

- Métricas, que corresponden a la banda 8 ó VHF.
- Decimétricas, que corresponden a la banda 9 ó UHF.

- Centimétricas, que corresponden a la banda 10 ó SHF (M.O.).

En la propagación de la banda VHF (30-300 MHz) predomina la onda difractada y puede alcanzar distancias más allá del radio horizonte y además es posible realizar la transmisión a través del obstáculo.

La propagación de la onda directa en la banda UHF-SHF (300-30 000 MHz) es aproximadamente en línea recta, lo que requiere tener trayectoria libre entre el Tx (Transmisión) y Rx (Recepción), sin obstáculos ni limitaciones por la curvatura de la tierra. En adelante llamaremos Tx (Transmisión) y Rx (Recepción).

1.1.4.-Tropósfera

La tropósfera es la parte inferior de la atmósfera, se extiende desde el nivel del mar hasta los 12 Km. de altura, aquí se originan los fenómenos meteorológicos: como la formación de nubes, lluvias, vientos, truenos, etc. Por tal motivo, a la tropósfera se le conoce como una zona de perturbaciones atmosféricas. En la tropósfera la temperatura disminuye en forma progresiva desde la superficie hasta la parte superior.

1.1.5.-Influencia de la atmósfera en la propagación

a) Índice troposférico (factor K)

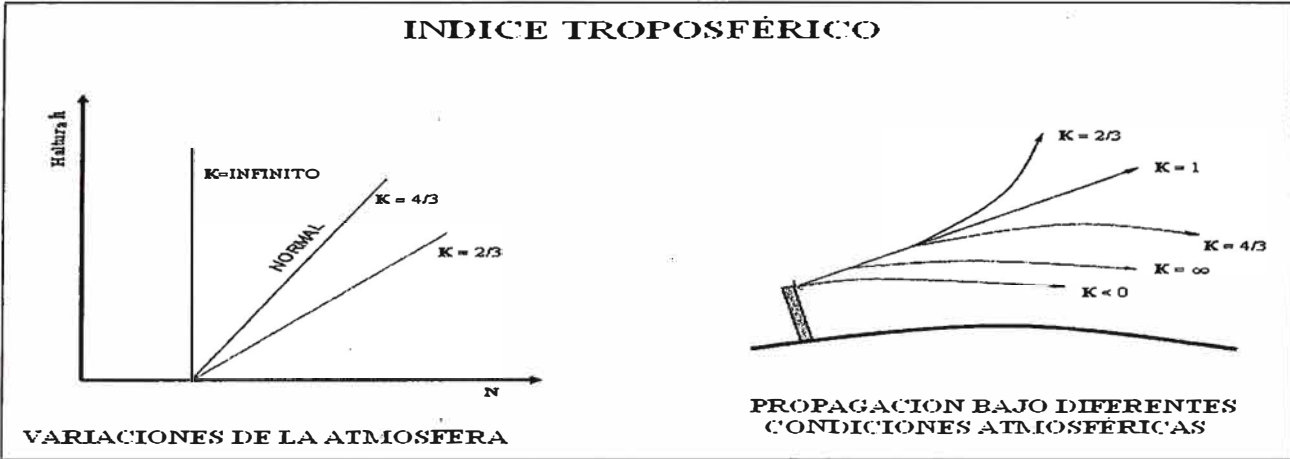
Es la relación entre el radio ficticio de la tierra y su radio real ($R_T = 6375$ Km.). Este índice depende de la temperatura, de la presión atmosférica, del grado higrométrico (relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene el aire y la que contendría si estuviese saturado a la misma temperatura), varía en el tiempo y en el espacio según leyes aleatorias que sólo se pueden estudiar experimentalmente con arreglos a criterios estadísticos.

El índice troposférico, permite considerar como líneas rectas los trayectos de propagación de las ondas radioeléctricas que sufren refracción en una atmósfera estratificada. El factor K, es el índice troposférico, se define por la dirección y el valor de la curvatura del haz con respecto a la curvatura de la tierra y cualquier cambio de K equivaldría a una variación de las condiciones de la atmósfera ya que el índice n es variable.

Para condiciones normales ($K = 4/3$), es conocida como atmósfera standard y es adoptada en todos los países. El K estándar ocurre en más de 60% del tiempo, otros valores como $K=2/3$ ocurre aproximadamente durante 0.1% del tiempo.

La confiabilidad del sistema depende de las variaciones de K, es decir del terreno, el lugar y el tiempo.

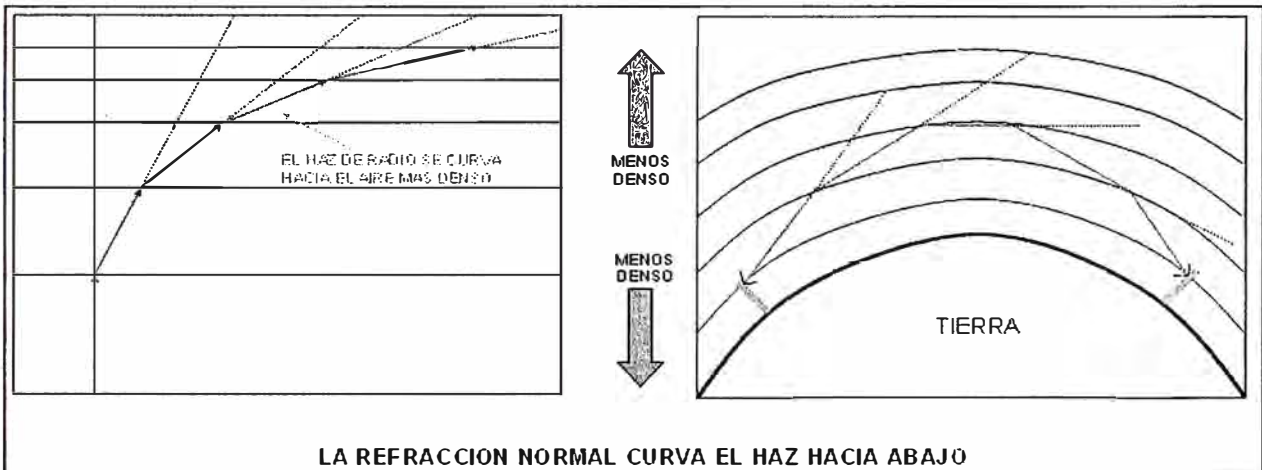
En la figura 1.1 se muestra la dependencia del índice troposférico ante las diferentes variaciones de temperatura y presión atmosférica.



Fuente: TdP
 Figura 1.1 Índice de troposférico

1.1.6.-Mecanismo de propagación: refracción

El índice n y la altitud afectan el factor que representa la magnitud de la curvatura del trayecto del haz de radio. La refractividad n decrece casi linealmente con la elevación, cuyo efecto es doblar el haz de ondas hacia la tierra, esto se muestra en la figura 1.2.



Fuente: TdP
 Figura 1.2 Gráfico de la refracción

1.1.7.-Curvatura de la tierra

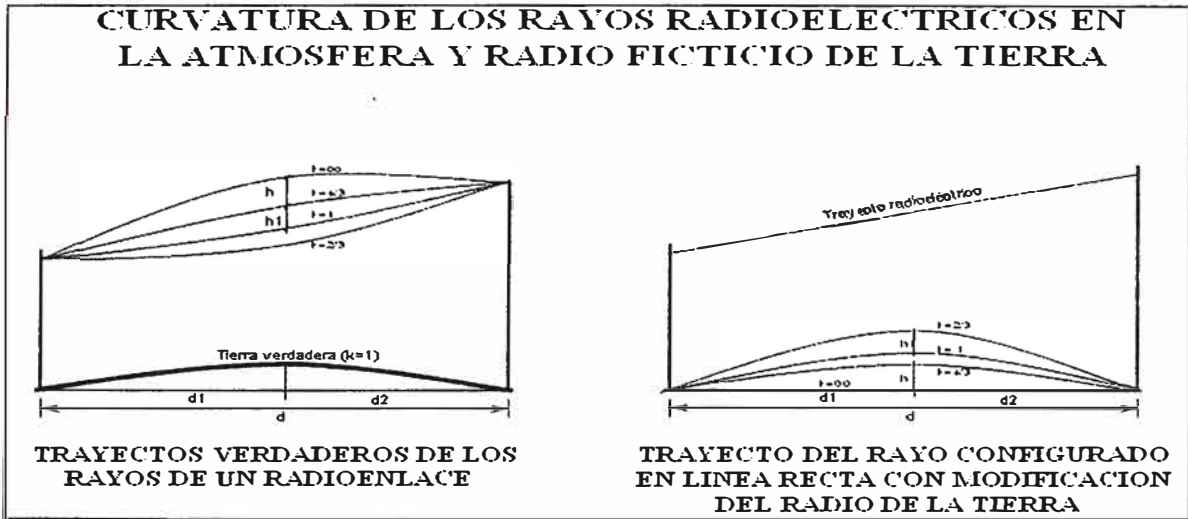
En la práctica se traza el perfil con los datos tomados de las cartas topográficas(mapas) y se corrigen las alturas por el factor equivalente de la curvatura efectiva KR_T , es decir se obtiene un perfil corregido que permiten trazar el haz de ondas(rayos) como una línea recta. La fórmula resultante para la corrección de la curvatura de la tierra es:

$$h = \frac{d_1 \cdot d_2}{2R_T K} = \frac{d_1 \cdot d_2}{12.75 K} \dots\dots\dots (1.1)$$

Esta ecuación es una fórmula general en función del factor K, donde: d1 y d2 es en Km. y el resultado de h es en metros.

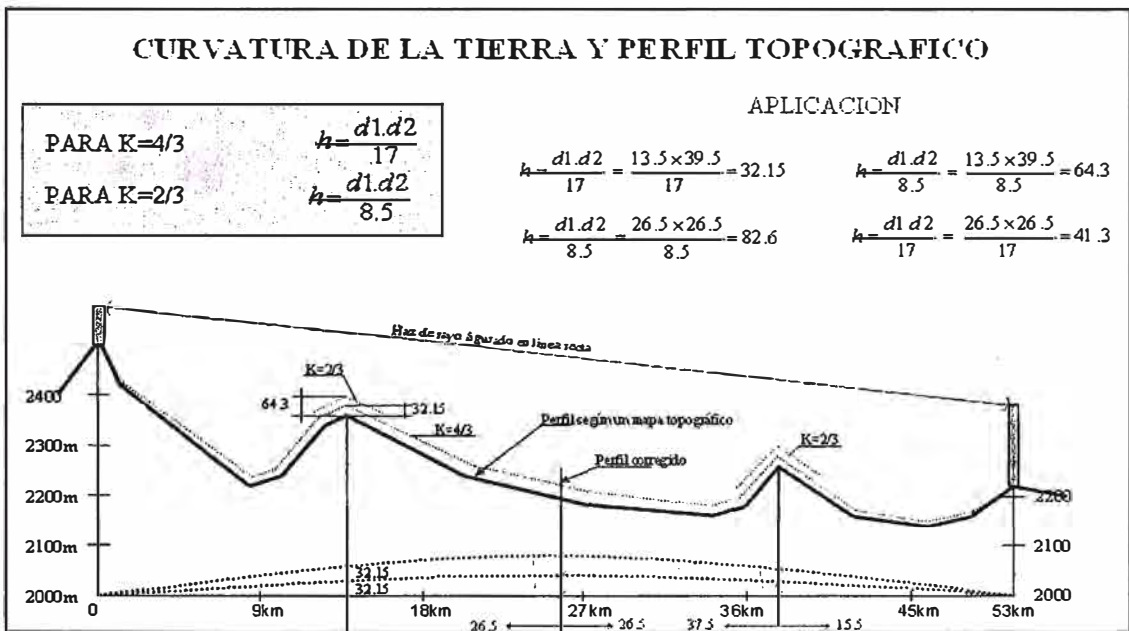
En la Figura 1.3 se mostrará la curvatura de los rayos radioeléctricos en la atmosfera y como para darle una trayectoria rectilínea a estos rayos hacemos el radio ficticio de la tierra.

Asimismo en la figura 1.4 se muestra una aplicación de este concepto del radio ficticio.



Fuente: TdP

Figura 1.3 Curvatura de los rayos radioeléctricos y radio ficticio de la tierra



Fuente: TdP

Figura 1.4 Curvatura de la tierra y perfil topográfico

1.1.8.-Atenuación del espacio libre

La idea básica de atenuación del espacio libre es la pérdida de la señal entre el transmisor y receptor en una región sin obstrucciones y bajo condiciones de una atmósfera estándar.

dar. La potencia de la señal emitida por una antena transmisora se distribuye por dispersión sobre una área muy grande con un resultado que la potencia de la señal que llega a la antena receptora es una pequeña fracción. La fórmula matemática para el cálculo de la pérdida por espacio libre, se desarrolla a partir de las siguientes expresiones:

$$\text{Área efectiva de una antena isotrópica: } Ae = \frac{\lambda^2}{4\pi} \dots\dots (1.2)$$

$$\text{Ganancia de una antena isotrópica: } G = \frac{4\pi^2}{\lambda^2} A \dots\dots (1.3)$$

$$\text{Densidad de potencia (Vector de Poynting): } P = \frac{PtGt}{4\pi d^2} \dots\dots (1.4)$$

De donde resulta la fórmula fundamental:

$$P \text{ (dB)} = 32.46 + 20 \text{ Log } f.d. \dots\dots\dots (1.5)$$

Con d (distancia esta en Km.) y f (frecuencia esta en MHz)

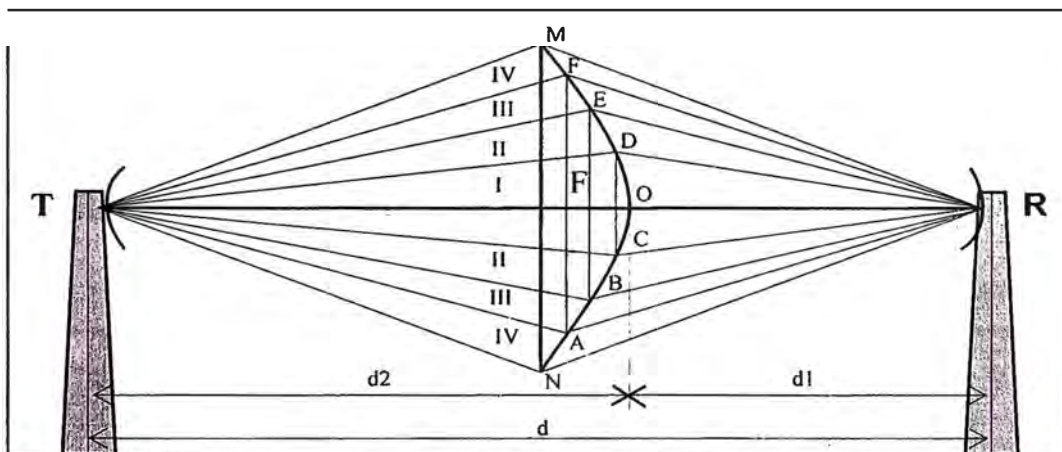
1.1.9.-Zonas de Fresnel

La fórmula para el radio de cualquier zona n de Fresnel a cualquier distancia del transmisor (Tx) al receptor (Rx), es el siguiente:

$$F = 548 \sqrt{\frac{nd_1.d_2}{fd}} \dots\dots (1.6)$$

Donde n = 1, 2,3,..... ; d1, d2 y d (son distancias en Km.) y f (frecuencia en MHz)

En la figura 1.5 se muestra las zonas de Fresnel



Fuente: TdP

Figura 1.5 Zonas de Fresnel

El radio de la primera zona para n = 1, será:

$$F_1 = 548 \sqrt{\frac{d_1.d_2}{fd}} \dots\dots\dots (1.7)$$

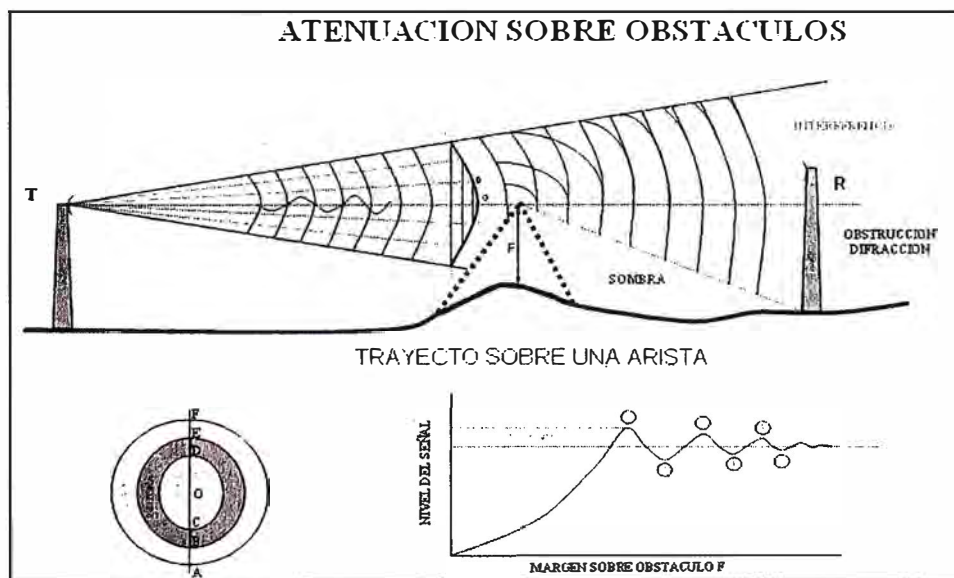
La ecuación de la primera zona de Fresnel es la base para el diseño de los radioenlaces, mediante el cual se calcula el despeje de la trayectoria de propagación de la señal. Si el radio del primer elipsoide de Fresnel se encuentra totalmente libre de obstrucciones, se dice que el enlace alcanza la condición de propagación de espacio libre. Normalmente se considera como óptimo el 100% de despeje en la primera zona de fresnel para las mayorías de los radioenlaces, especialmente de los sistemas UHF y microondas.

1.1.10.-Atenuación sobre obstáculos

En ciertos casos el trayecto de propagación de la señal no tiene visibilidad por existir en la ruta una montaña ó una colina, la existencia de un montaña a cierta distancia de los extremos del trayecto, obstaculiza totalmente el paso de energía.

A medida que disminuye la altura del obstáculo, la señal en el punto de la recepción aumenta hasta llegar a un valor máximo, luego disminuye y aumenta sucesivamente en amplitudes cada vez menores hasta llegar al valor del espacio libre, entonces la señal se mantendrá oscilando en un nivel promedio.

Es importante considerar que la oscilación de la señal alrededor del valor correspondiente al espacio libre, es causada por la interferencia entre el rayo directo que se dirige desde el Tx hacia el Rx, y el rayo que partiendo desde el Tx se difracta en la cima de los obstáculos y desde allí se dirige al Rx, esta diferencia de trayectos ocasionan un desfase entre ambos rayos y el conocido efecto de efecto de interferencia en el equipo receptor. Esto se muestra en la figural .6



Fuente:TdP

Figura 1.6 Atenuación sobre obstáculos

1.1.11.-Influencia del margen sobre obstáculos

Para una trayectoria rasante al obstáculo, la atenuación por invasión de la primera zona de Fresnel, para una superficie arista, es 6 dB, y para una esférica, es 22 dB.

Para un margen aproximadamente 60% de la 1ra zona de Fresnel, es decir 0.577, la señal alcanza un valor correspondiente al espacio libre. Para valores mayores que 60% de primera zona de Fresnel, todo aumento del margen hace oscilar la señal en torno a su nivel en espacio libre. En conclusión podemos deducir que la mayoría de la energía transmitida está contenida dentro de la primera zona de Fresnel. Considerando el índice troposférico K, que influye en la variación del margen sobre obstáculos, para los sistemas de radioenlaces de frecuencias iguales ó mayores que 2 GHz, es recomendable el 100% de la primera zona de Fresnel, y para los radioenlaces que operan en bandas de frecuencias menores, 60%.

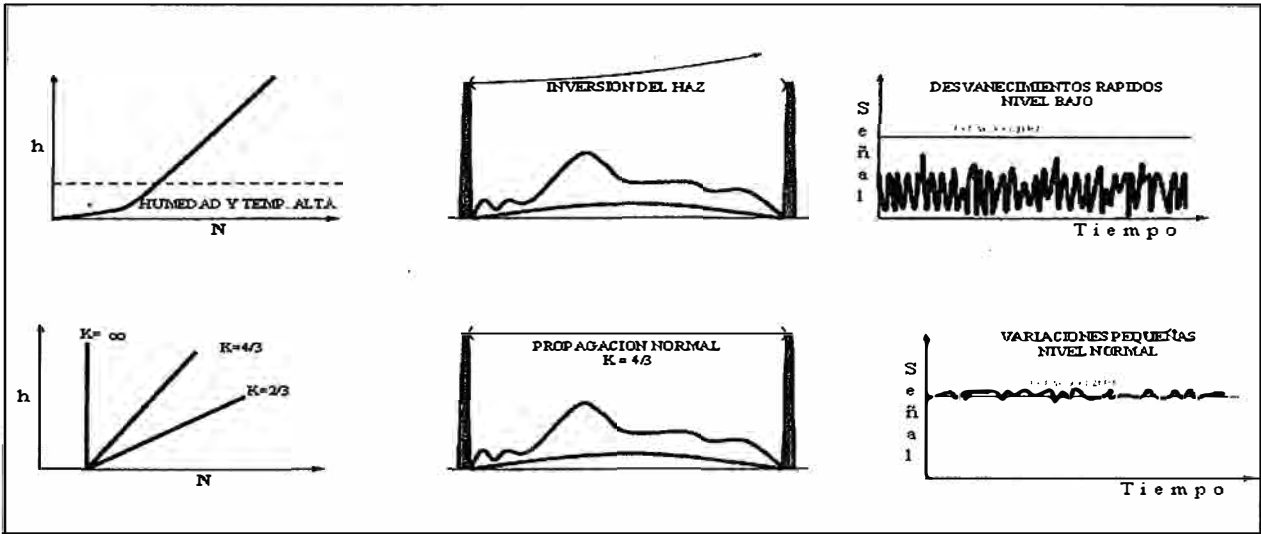
1.1.12.-Desvanecimientos en sistemas de radioenlaces

Se denomina desvanecimiento a las variaciones de campo magnético en función del tiempo, ocasionados por cambios instantáneos en el medio de transmisión.

Existen diversas causas de desvanecimiento de la señal, entre los cuales tenemos, a la atmósfera a través del cual se propaga la onda, no se encuentra siempre bien mezclada, es probable entonces que se produzcan disturbios en las condiciones de propagación que involucran en la atenuación de la señal.

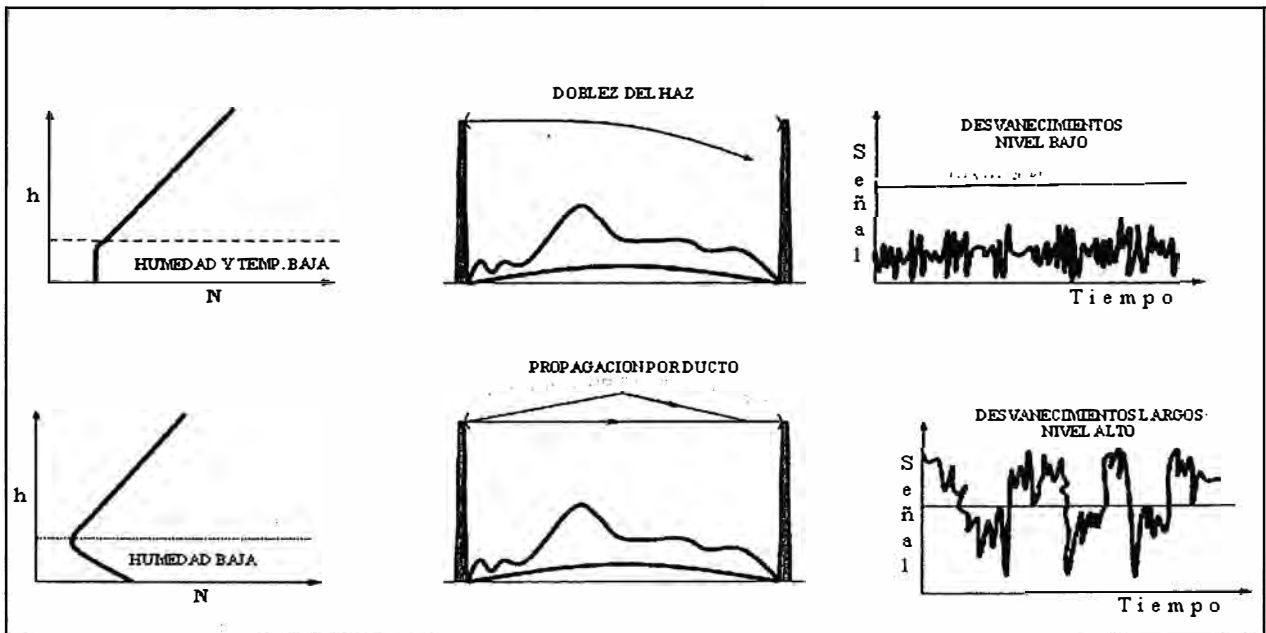
- El desvanecimiento por trayectorias múltiples, es como una consecuencia de una atmósfera turbulenta, cuyas irregularidades de la refractividad distribuidas al azar, causan interferencias por diferencias de trayectos.
- El desvanecimiento por reflexiones en superficie, ocurren toda vez que el rayo directo es cancelado totalmente ó parcialmente por el rayo reflejado en la superficie (tierra ó agua).
- Desvanecimiento por lluvias, es originado por absorción y dispersión de un haz de microondas debido a la presencia de gotas de lluvia, este tipo de desvanecimiento cobra importancia a partir de frecuencias mayores que 10 GHz. Es importante mencionar que los efectos del desvanecimiento son independientes y que normalmente se considera que en varios tramos de un sistema no ocurren simultáneamente, ni tienen relación entre sí.
- El desvanecimiento en el trayecto de la propagación, viene a ser una causa predominante de interrupciones de corto periodo en sistema de microondas.

Aún en redes muy consistentes de enlaces con línea de vista, sistemas actuales en operación, se producen desvanecimientos. En la figura 1.7 y 1.8 se muestran los diferentes tipos de desvanecimientos.



Fuente: TdP

Figura 1.7 Desvanecimiento de radioenlaces



Fuente: TdP

Figura 1.8 Desvanecimiento de radioenlaces

Se han derivado fórmulas empíricas para relacionar la ocurrencia de desvanecimiento en función del tiempo, longitud del trayecto, área de ubicación, características del terreno y otros parámetros. La posibilidad de desvanecimiento más desfavorable comúnmente se representa por el desvanecimiento de Rayleigh, la fórmula empírica es:

$$Pr = K.Q.f^B.d^C \dots\dots\dots (1.8)$$

Los parámetros, B y C dependen de la zona; para Japón B=1.2 y C=3.5

K.Q = coeficiente climático y condición de trayectoria

K.Q = 3.9×10^{-10} sobre terrenos montañosos

K.Q = 1.0×10^{-9} sobre terrenos planos

K.Q = $9.9 \times 10^{-8} \sqrt{\frac{1}{h_1 + h_2}}$ sobre el mar

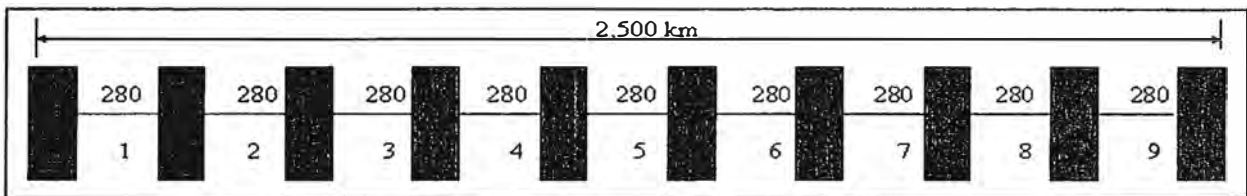
h1, h2 : Altura de antena de cada estación en metros.

f: Frecuencia en GHz (Gigahertz)

d: Distancia del salto en Km (Kilómetro).

1.1.13.-Objetivo de performance del sistema de radioenlaces

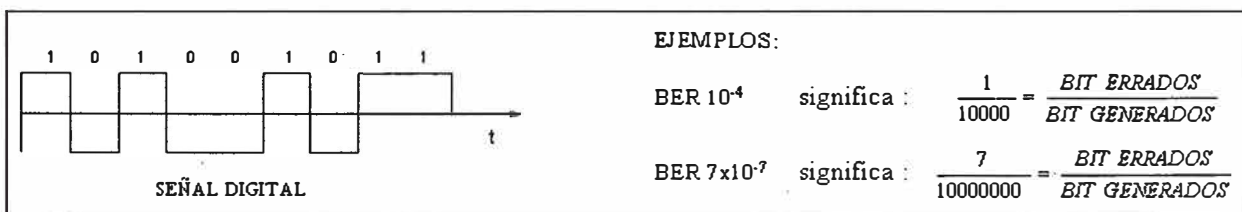
Los objetivos de calidad de transmisión de los radioenlaces, está establecido por la UIT-T (Rec. G.821) mediante un circuito (trayecto) hipotético de referencia de 2,500 Km. divididos en secciones de 280 Kilómetros cada uno; esto se muestra en la figura 1.9.



Fuente: TdP

Figura 1.9 Performance del sistema de radioenlace

En los sistemas de una red digital, los criterios de calidad de funcionamiento se miden en proporciones de bit erróneos ó tasa de error (BER=Bit Error Rate), en la figura 1.10 se muestra un ejemplo.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 1.10 BER en un sistema de radioenlace

a)-Recomendación UIT-T G 821 - G826

El UIT-T (sector de normalización de las telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT, estudia los aspectos técnicos, de explotación, tarifarias y pública recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial. Esta recomendación especifica eventos, parámetros y objetivos de característica de error para trayectos digitales que funcionan a la velocidad primaria o su-

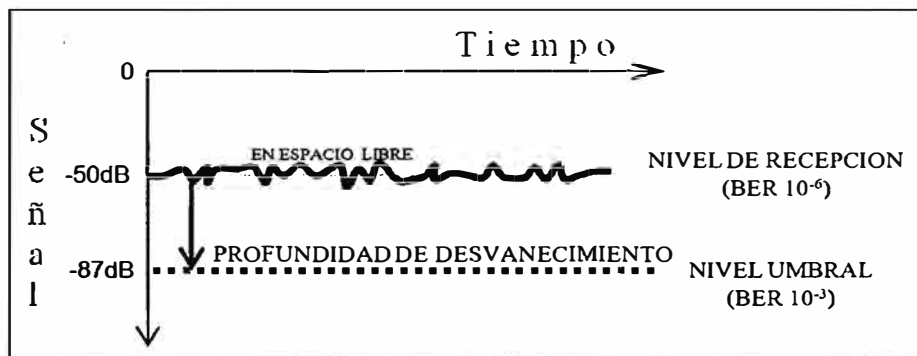
periores, estos trayectos se pueden basar en la Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH) o Jerarquía Digital Síncrona (SDH).

De conformidad con la recomendación UIT-T G.821 se ha definido objetivos de calidad para radio enlaces con una longitud L , comprendida entre 280 y 2 500 Km., que la proporción de bits erróneos no exceda de los siguientes valores:

- $BER=10^{-3}$, durante no más del $(L/2500) \times 0,054\%$ de cualquier mes, en segundo. Entonces, el tiempo de interrupción para $L=280$ Km., será: $(280/2500) \times 0,054\% = 6,05 \times 10^{-3} \% = 6,048 \times 10^{-5}$. En un mes: $6,048 \times 10^{-5} \times 30 \times 24 \times 3600 = 168$ segundos.
- $BER=10^{-6}$, durante no más del $(L/2500) \times 0,04\%$ de cualquier mes, en minutos. Entonces, el tiempo de interrupción para $L=280$ Km., será: $(280/2500) \times 0,04\% = 4,48 \times 10^{-2} \% = 4,48 \times 10^{-4}$. En un mes: $4,48 \times 10^{-4} \times 30 \times 24 \times 60 = 19,35$ minutos.

1.1.14.-Profundidad de desvanecimiento

La calidad de los sistemas de radioenlaces depende del desvanecimiento, por lo que para calcular las interrupciones, se ha introducido el concepto de desvanecimiento plano, que también se le denomina neto ó eficaz. El desvanecimiento neto ó eficaz, se define como la profundidad de desvanecimiento producida durante el mismo número de segundos que una proporción de bits erróneos umbral de 10^{-3} , esto se muestra en la figura 1.11.



Fuente: TdP

Figura 1.11 Profundidad de Desvanecimiento

La profundidad de desvanecimiento es proporcional a la relación del periodo de interrupción y a la probabilidad de desvanecimiento de Rayleigh.

$$Fd = 10 \log (Pr/T) \dots(1.9)$$

Donde:

T: Probabilidad de tiempo de interrupción permisible (UIT)

Pr: Probabilidad de desvanecimiento de Rayleigh

Fd: Desvanecimiento plano ó neto.

1.1.15.-Probabilidad de tiempo de interrupción

Es la probabilidad de que se exceda al tiempo objetivo de la UIT para $BER=10^{-6}$ como consecuencia del desvanecimiento de un radioenlace.

En la figura 1.12 se muestra la probabilidad de tiempo de interrupción. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$T_o = \frac{Pr}{F_d} = \frac{Pr}{F} \Rightarrow T_o = Pr \cdot 10^{-\frac{F}{10}} \dots\dots(1.10)$$

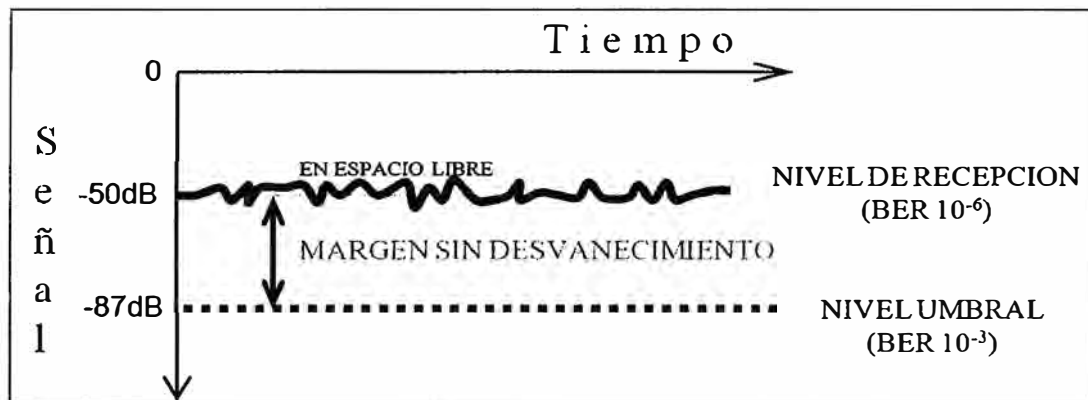
Donde:

To: Probabilidad de tiempo de interrupción

Pr: Probabilidad de ocurrencia de desvanecimiento Rayleigh

Fd: Profundidad de desvanecimiento

F : Margen sin desvanecimiento.



Fuente: TdP

Figura 1.12 Probabilidad de tiempo de interrupción

El margen sin desvanecimiento es una reserva contra las variaciones de la señal o sea contra el desvanecimiento, su valor se calcula a partir de la siguiente relación:

$$F = P_{re} - P_{th} \dots\dots\dots (1.11)$$

Donde:

Pre: Nivel de la señal de recepción en espacio libre ó sea $BER=10^{-6}$

Pth: Nivel umbral de la señal del equipo para $BER=10^{-3}$

1.1.16.-Calidad de transmisión

La calidad de transmisión se degrada en el trayecto debido a varios factores tales como las imperfecciones de los equipos (degradación fija), a las condiciones del trayecto de propagación: desvanecimiento, interferencia y ruido térmico los cuales vienen a ser factores de degradación variable. Esta degradación produce bit erróneo (BER), lo cual es medido

por su tasa de error para evaluar la calidad de transmisión y tiene implicancia directa en el valor de la relación Señal/Ruido, el ruido térmico (N_t) es el más influyente negativamente en la calidad de transmisión. Por ley natural, el ruido térmico está siempre presente lo cual se debe al movimiento al azar de los electrones en un dispositivo electrónico, debido a la agitación térmica.

El ruido térmico es el que establece el límite inferior de sensibilidad de un sistema receptor y es directamente proporcional al ancho de banda y a la temperatura:

$$N_t = \text{Ruido Térmico} = KTB \text{ (en watts, W)} \dots (1.12)$$

$$N_t = 10 \text{ Log } KTB + 30 \text{ (dBm)} \dots (1.13)$$

El nivel umbral del ruido de receptor es:

$$N \text{ (dBm)} = 10 \text{ Log. } KTB + F + 30, \text{ (con B en Hz)} \dots (1.14)$$

$$N \text{ (dBm)} = 10 \text{ Log. } KTB + F + 90 \text{ (con B en MHz)} \dots (1.15)$$

Donde:

K: constante de Boltzman = 1.38×10^{-23} (Joule/ °K)

T: Temperatura absoluta = 293 °K (T=20°C)

B: Ancho de banda del receptor (Symbol Rate), en (MHz)

F: Es la figura del ruido, que se interpreta como la degradación que sufre la relación señal a ruido, al pasar la señal a través de una red determinada.

Reemplazando estos valores, se obtiene:

$$N \text{ (dBm)} = - 113.93 + 10 \text{ log } B + F, \text{ (con B en MHz)} \dots (1.16)$$

Esta es la fórmula para calcular el nivel umbral del ruido del receptor.

En conclusión, los parámetros de referencia de la calidad de transmisión están en función del nivel de recepción, relación señal/ruido y proporción de bit erróneos (BER). En términos generales, se puede afirmar que para la tasa de BER= 10^{-6} , el ruido es apenas percibido, mientras para una tasa de BER= 10^{-3} la conversación se torna incomprensible, lo cual corresponde a la denominada nivel umbral de la señal de recepción.

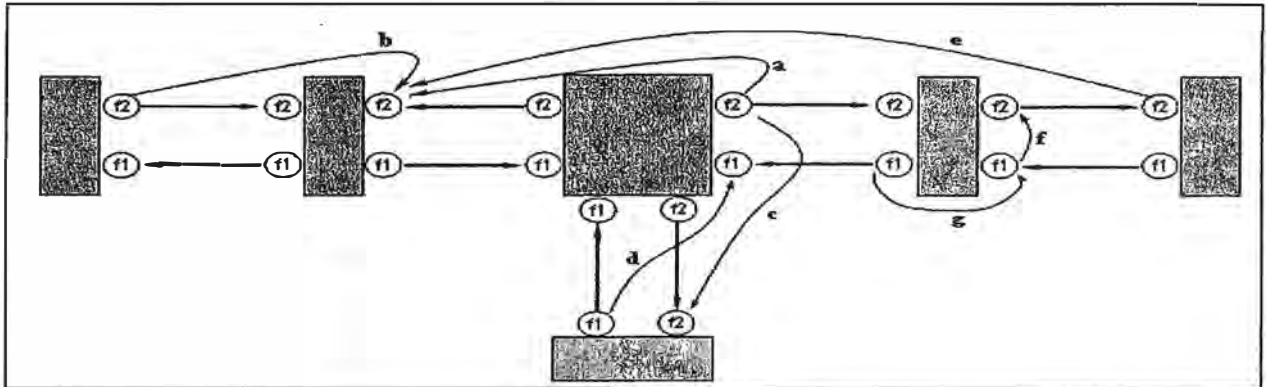
1.1.17.-Interferencia en sistemas de radioenlaces

Este fenómeno consiste en superponerse sobre una onda de señal deseada otra onda de señal perturbadora ó no deseada, como consecuencia de uso de frecuencias en la misma banda. En los sistemas de radioenlace, en trayectos con repetidora, se utilizan repetidamente las mismas frecuencias, lo que causa interferencia.

Las principales interferencias, en una ruta de Microondas (M.O.) son las siguientes:

a) Conexión “frente a espalda” de la antena de transmisión (F/B de transmisión)

- b) Conexión “frente a espalda” de la antena de recepción (F/B de recepción)
- c) Conexión “frente a lado” de la antena de transmisión (F/S de transmisión)
- d) Conexión “frente a lado” de la antena de recepción (F/S de recepción)
- e) Alcance extraordinario ó sobre alcance (O/R)
- f) Conexión “lado a lado” (S/S)
- g) Conexión “espalda a espalda” (B/B)



Fuente: TdP

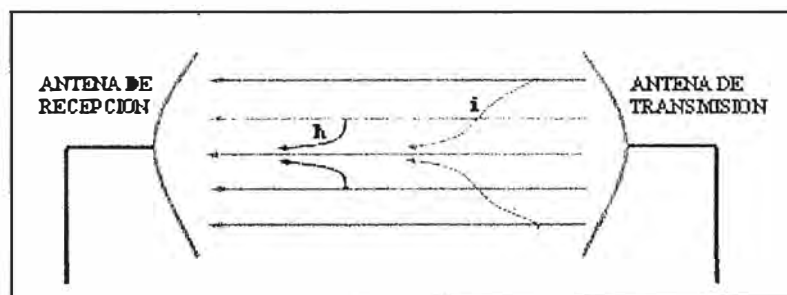
Figura 1.13 Interferencia en sistemas de radioenlaces

En los trayectos (a) y (e), la onda interferente tiene la misma frecuencia que la onda interferida, a este tipo de interferencia se denomina “interferencia cocanal.”.

En los trayectos (f) y (g), las frecuencias son distintas, es problemático en caso que las frecuencias sean muy próximas una a otra. A este tipo de interferencia se denomina “interferencia entre rutas”, se muestra en la figura 1.13.

En cuanto a las interferencias que se generan en radiocanales paralelos de un sistema de radioenlaces (n+1), instalados en un tramo repetidor, existen dos tipos de interferencia:

- h) Interferencia entre dos canales adyacentes.
- i) Interferencia entre dos canales subyacentes, estas se muestran en la figura 1.14



Fuente: Tdp

Figura 1.14 Esquema de un sistema de Radioenlace

Por lo general entre dos radiocanales adyacentes se emplean dos frecuencias, cuyas polarizaciones son ortogonales una a otra, polarización vertical y horizontal.

Este tipo de interferencia se denomina “interferencia entre canales”. El grado de interferencia (h) depende del factor de discriminación de polarización cruzada (XPD: Cross Polarization Discrimination) y el de la interferencia (i), depende de la selectividad de filtros.

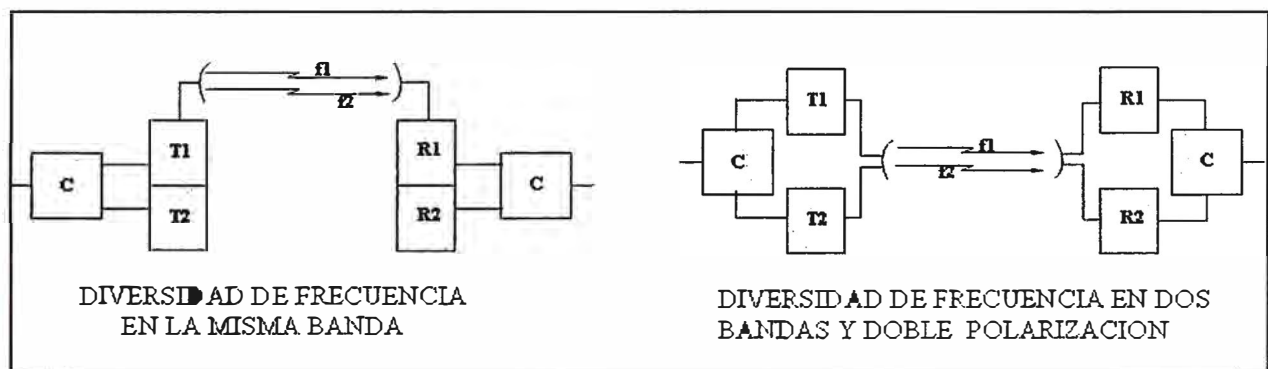
1.1.18.-Técnica de diversidad

Son aquellas disposiciones ó arreglos de un sistema de comunicaciones, en donde se proveen dos ó más formas independientes para que la señal proveniente de una estación transmisor pueda alcanzar a la estación receptora, sin que las diversas señales se desvanezcan simultáneamente. Se han ideado distintas técnicas de diversidad con miras a contrarrestar el desvanecimiento que la mayoría de los radioenlaces experimentan.

Entre las más conocidas están: diversidad de frecuencia y diversidad de espacio

a) Diversidad de Frecuencia

La diversidad de frecuencia, utiliza dos transmisores que operan en dos frecuencias de portadoras espaciadas entre sí, actúan sobre la misma antena de tal forma que ambas señales son recibidas, a través de una sola antena, por dos receptores, cada receptor está sintonizada una de las frecuencias transmitidas, se muestra en la figura 1.15.



Fuente: TdP

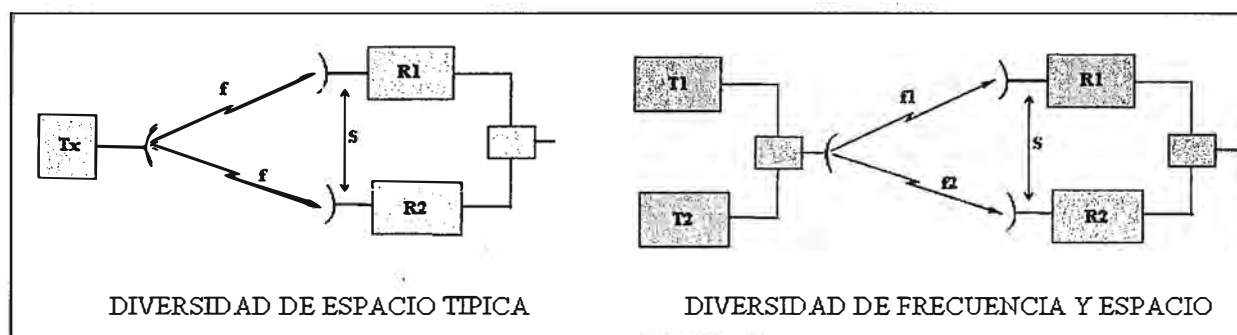
Figura 1.15 Esquema de la diversidad de frecuencia

Este tipo de diversidad, es especialmente efectivo contra el desvanecimiento rápido por trayectorias múltiple en la atmósfera. El principio de esta técnica se basa en que el desvanecimiento profundo para una frecuencia, tiende a no coincidir en el tiempo, con el correspondiente a la frecuencia vecina, siempre que ambas difieran en cantidad determinada.

b) Diversidad de Espacio

Este método utiliza una antena en el lado del transmisor y dos antenas en el lado del receptor instaladas a diferentes alturas, esta disposición vertical de las antenas, es a fin de enfrentar los mínimos y máximos de la señal, es decir, cuando una de ellas enfrente a un máximo nivel, la otra estará en un mínimo, vale decir que no enfrentarán un mínimo si-

multáneamente. En la figura 1.16 se muestra la diversidad de espacio y la diversidad de frecuencia y de espacio a la vez.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1.16 Esquema de la diversidad de espacio

Esta técnica se emplea generalmente para neutralizar el desvanecimiento por reflexiones producidas en la superficie plana y en el agua.

1.1.19.-Confiabilidad del sistema

Para calcular la confiabilidad de propagación de un sistema de radioenlace, se adopta el procedimiento normalmente aceptado por la UIT y que ha sido aplicado en diferentes administraciones con resultados aceptables. Los procedimientos recomendados por la UIT, se basan en el concepto de desvanecimiento plano, es decir, valor del desvanecimiento que provoca el corte ó “indisponibilidad” del sistema, cuya trayectoria se encuentra sin diversidad ó sea no protegida. En términos generales, si se dispone de un margen del orden 30 dB, puede esperarse una confiabilidad de propagación mayor de 99.99% para los sistemas UHF en un tramo de 50 Km. sin protección. Para sistemas de transmisión en frecuencias SHF y de alta velocidad mayores que 34 Mbit/s, es imprescindible mejorar la confiabilidad mediante el empleo de técnicas de diversidad, ecualizadores y combinadores. La diversidad de espacio y la ecualización adaptable-transversal se han convertido en poderosas herramientas para disminuir las interrupciones en los sistemas radioeléctricos durante el desvanecimiento. Los ecualizadores reducen eficazmente los efectos de la interferencia de ínter símbolos.

Los combinadores reducen las dispersiones de amplitud y retardo. Finalmente, el factor de mejora asociado a los sistemas con diversidad, dependerá probablemente mucho de parámetros tales como la longitud del tramo, condiciones atmosféricas, ubicación geográfica, rugosidad del terreno, el despejamiento del trayecto tipo de antenas y la separación de las mismas.

1.1.20.-Concepto de PDH

El primer estándar de transmisión digital fue PDH (Plesicronus Digital Hierarchy) o JDP (Jerarquía Digital Plesiócrona), aparecido durante la década de los sesenta y primeros de los setenta. Los equipos PDH han copado el volumen del mercado, aún a principio de los noventa, estando actualmente en pleno declive frente a SDH y DWDM.

La tasa de bit de transmisión mínima o primaria utilizada era de 2 Mbps en Europa y 1,5 Mbps en USA y Japón, lo cual corresponde a 30 y 24 circuitos telefónicos, respectivamente.

Generalmente, las señales que son multiplexadas proceden de fuentes distintas, pudiendo haber ligeras diferencias entre la velocidad real de los distintos flujos de información debidas a variaciones en los tiempos de propagación, falta de sincronización entre las fuentes, etc.

Este tipo de señales no sincronizadas reciben el nombre de plesiócronas. La naturaleza plesiócrona de las señales requería de técnicas de relleno, consistentes en la reserva de una capacidad de transmisión superior a la requerida, para eliminar la falta de sincronismo.

Durante los años 80 en que tuvo lugar la digitalización de las grandes redes públicas, los equipos PDH se instalaron masivamente por todo el mundo. No obstante, pronto se encontraron serias limitaciones.

La rigidez de las estructuras plesiócronas de multiplexación hacían necesaria la demultiplexación sucesiva de todas las señales de jerarquía inferior para poder extraer un canal de 64 Kbps.

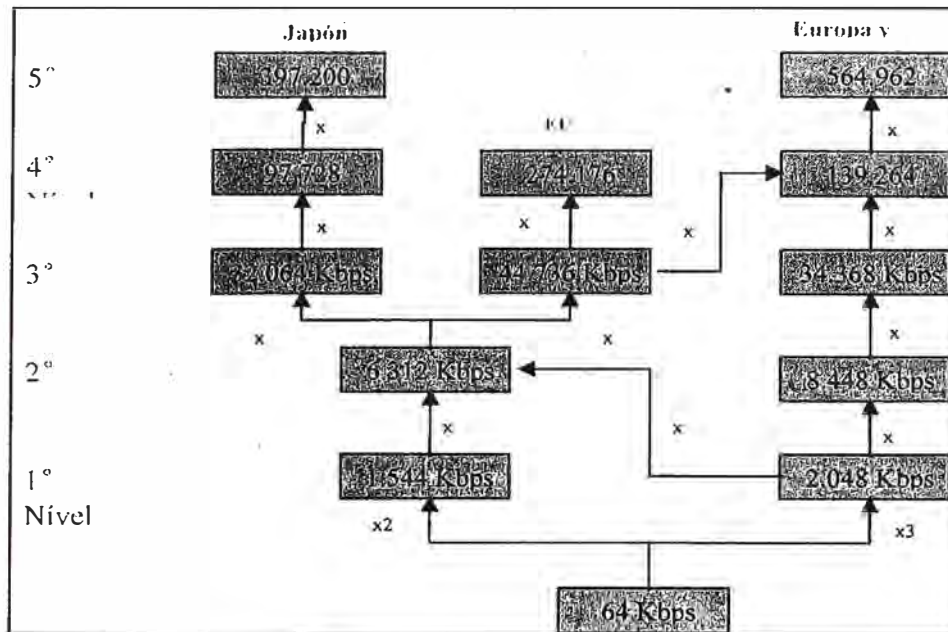
La baja eficiencia de este proceso, suponía baja flexibilidad en la asignación del ancho de banda y una mayor lentitud en el procesamiento de las señales por parte de los equipos.

La información de gestión que puede transportarse en las tramas PDH es muy reducida, lo cual dificulta la supervisión, control y explotación del sistema.

La falta de compatibilidad entre los distintos sistemas PDH y la adopción de estándares propietarios por parte de los fabricantes, dificultaba la interconexión entre redes de incluso un mismo operador.

Los grandes avances del hardware y software, así como la entrada de la fibra óptica como medio de transmisión, no eran aprovechados por los sistemas PDH.

En la figura 1.20 se muestra el esquema de un sistema PDH en Japón, EEUU y en Europa.



Fuente: TdP

Figura 1.20 Esquema de un sistema PDH

1.1.21.-Concepto de SDH

Todas las carencias presentadas por PDH propiciaron la definición en 1988 por parte de la ITU (International Telecommunications Union) de un nuevo estándar mundial para la transmisión digital denominada SDH (Synchronous Digital Hierachy) o JDS (Jerarquía Digital Síncrona) en Europa, y SONET (Synchronous Optical NETWORK) en Norte América.

El principal objetivo era la adopción de una verdadera norma mundial. Este estándar especifica velocidades de transmisión, formato de las señales (tramas de 125 ms), estructura de multiplexación, codificación de línea, parámetros ópticos, etc.; así como normas de funcionamiento de los equipos y de gestión de red.

El estándar SDH parte de una señal de 155,520 Mbps denominada módulo de transporte síncrono de primer nivel o STM-1. La compatibilidad con PDH es garantizada mediante distintos contenedores: C-11 para señales de 1,5 Mbps, C-12 para 2 Mbps, C-2 para 6,3 y 8 Mbps, etc. Los restantes STM-N se obtienen mediante el entrelazado de bytes de varias señales STM-1. En la actualidad se encuentran normalizados los valores de: STM-4 (622,08 Mbps), STM-16 (2.488,32 Mbps) y STM-64 (9.953,28 Mbps). En SONET, que puede considerarse un subconjunto de SDH, se parte de una velocidad de transmisión de 51,840 Mbps. Puesto que las tramas SDH incorporan información de gestión de los equipos, es posible tanto la gestión local como la centralizada de sus redes. Esta gestión se realiza a través de las interfaces Q definidas por el ITU. La gestión local atiende a un control descentrado de los distintos nodos, mediante sistemas de operación local. La centralizada,

adecuada para entornos SDH puros sin PDH, se basa en el control de todos los nodos mediante un único sistema de operaciones central. La flexibilidad en el transporte de señales digitales de todo tipo permite la provisión de todo tipo de servicios sobre una única red SDH: servicio de telefonía, provisión de redes alquiladas a usuarios privados, creación de redes MAN (Red de área metropolitana) y WAN (Red de área amplia), servicio de videoconferencia, distribución de televisión por cable, etc. En estos momentos los operadores de telecomunicaciones, tras varias pruebas piloto durante los primeros años de los noventa, están introduciendo masivamente sistemas SDH en sus redes.

SDH trabaja con una estructura o trama básica denominada STM-1, que tiene una duración de 125 microsegundos (se repite 8.000 veces por segundo), y se corresponde con una matriz de 9 filas y 270 columnas, cuyos elementos son octetos de 8 bits; por consiguiente, la trama tiene una velocidad binaria de $(9 \times (270 \times 8)) \times 8.000 = 155,520$ Kbps. La transmisión se realiza fila por fila, empezando por el byte en la esquina superior izquierda y terminando en el byte en la esquina inferior derecha. En la trama STM-1 se distinguen tres áreas: la tara de sección, los punteros de justificación y la carga útil. Cada byte de la carga útil se corresponde con un canal de 64 Kbps, de modo que cada columna de 9 bytes se corresponde con 576 Kbps.

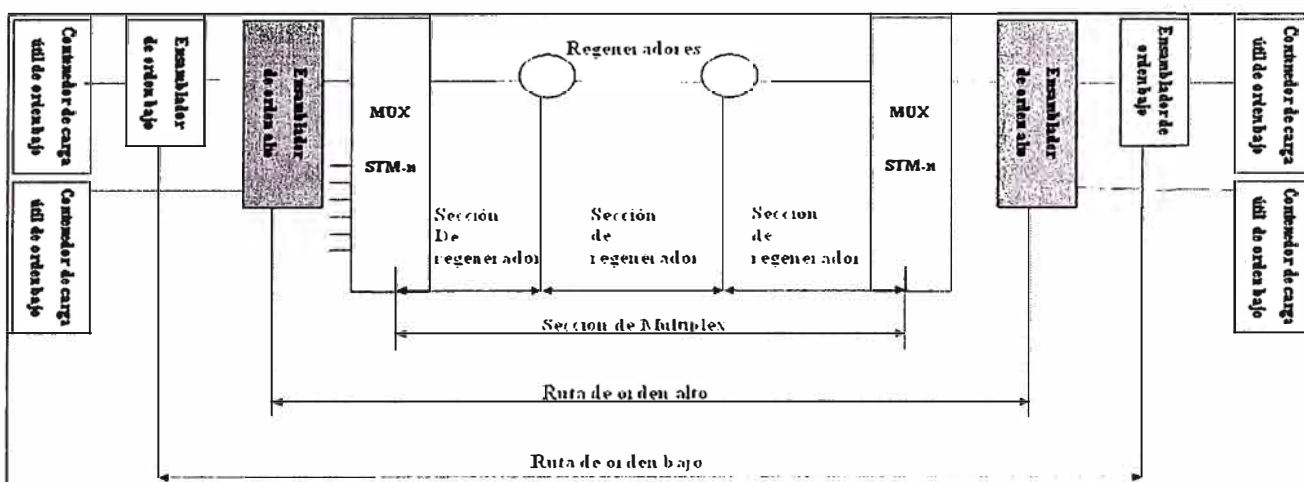
Las primeras 9 columnas contienen la tara de sección o SOH (Section OverHead) para soportar características del transporte tales como el alineamiento de trama, los canales de operación y mantenimiento, la monitorización de errores, etc. Se distingue entre la tara de la sección de regeneración o RSOH (Regenerator Section OverHead) y la tara de la sección de multiplexación o MSOH (Multiplex Section OverHead). Las columnas siguientes pueden ser asignadas de diversas formas para transportar las señales de tasas de bit inferior, tales como los 2 Mbps; cada columna tiene su propia tara. El estándar SDH está definido originalmente para el transporte de señales de 1,5 Mbps, 2 Mbps, 6 Mbps, 34 Mbps, 45 Mbps y 140 Mbps a una tasa de 155 Mbps, y ha sido posteriormente desarrollado para transportar otros tipos de tráfico, como por ejemplo ATM (Modo de Transferencia Asíncrono) ó IP, a tasas que son múltiplos enteros de 155 Mbps.

La flexibilidad en el transporte de señales digitales de todo tipo permite, de esta forma, la provisión de todo tipo de servicios sobre una única red SDH: servicio de telefonía, provisión de redes alquiladas a usuarios privados, creación de redes MAN y WAN, servicio de videoconferencia, distribución de televisión por cable, etc.

a) Elementos básicos de un sistema SDH

En la figura 1.21 se muestran los elementos básicos de un sistema SDH.

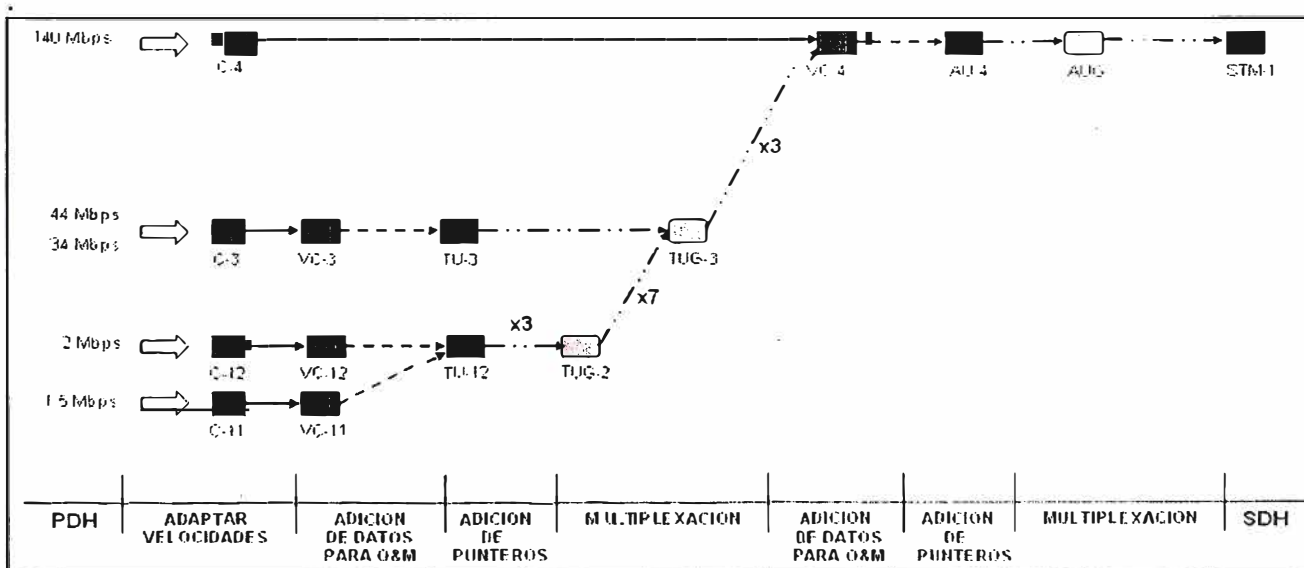
1. Equipo terminal de línea.
2. Equipos regeneradores.
3. Equipos Mux - Demultiplex.
4. Ensambladores de orden alto.
5. Ensambladores de orden bajo.
6. Contenedores de carga útil de orden alto.
7. Contenedores de carga útil de orden bajo.



Fuente: TdP

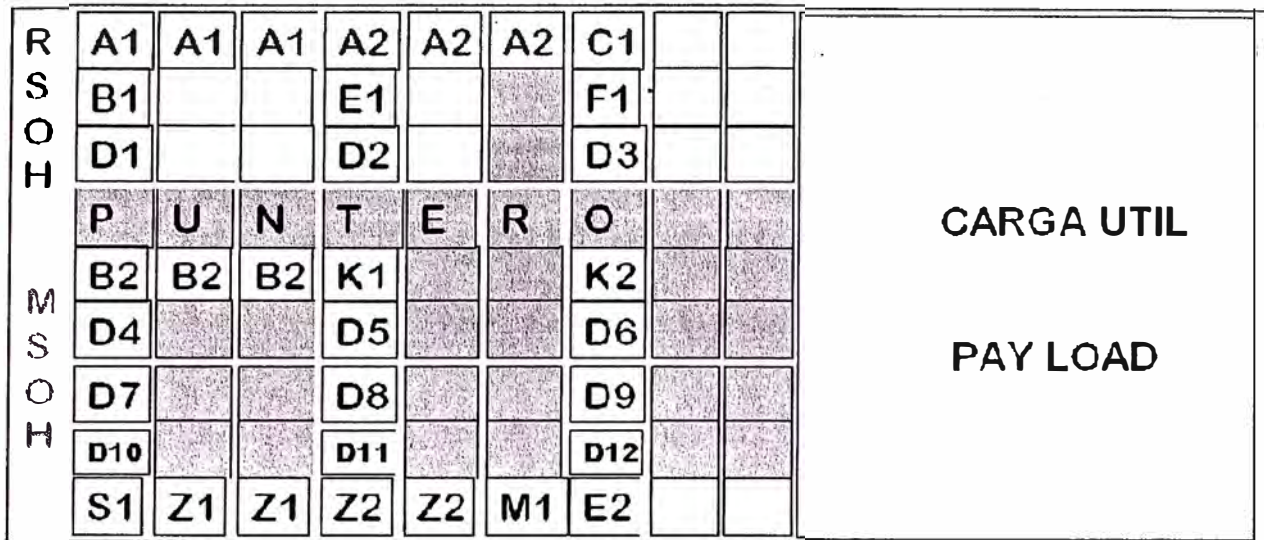
Figura 1.21 Elementos básicos de un sistema SDH

En la figura 1.22 se muestra la estructura básica de multiplexación y en la figura 1.23 la Trama SDH STM-1.



Fuente: TdP

Figura 1.22 Estructura Básica de Multiplexación



Fuente: TdP

Figura 1.23 Trama SDH STM-1

Donde

A1, A2: palabras de alineamiento de trama

A1 = 11110110, A2 = 00101000

C1: Identificador de STM-1

B1: Monitoreo de performance de la sección de regeneración BIP-8

D1 a D3: Canal de comunicación de datos de la sección de regeneración. 192 kbits/seg.

E1: Canal de la línea de servicio de la sección de regeneración.

F1: canal del usuario.

B2: Monitoreo de performance de la sección de multiplex BIP-24

K1, K2: Canal de conmutación de protección automática.

D4, D12: Canal de comunicación de datos de la sección de multiplex. 576 kbits/seg.

E2: Canal de la línea de servicio de la sección de multiplex.

S1: Marcador de temporización.

M1: Error de bloque en el extremo lejano.

b) Formación de tramas (La necesidad de una política de seguridad)

Seguidamente, explicaremos el proceso de formación de la trama STM-1 (ITU-T G.707) a partir de los diferentes tributarios incluidos en ella (ITU-T G.709).

El contenedor o C-n (Container) es la unidad básica de empaquetamiento para los canales tributarios. Se tiene un contenedor especial para cada señal tributaria de PDH (ITU-T G.703): C-4 para señales de 140 Mbps, C-3 para 45 y 34 Mbps, C-2 para 6,3 Mbps, C-12 para 2 Mbps, y C-11 para 1,5 Mbps. Estos contenedores tienen siempre un tamaño mayor que la carga a transportar. La capacidad remanente es utilizada, en parte, para la justifica-

ción; con el fin de eliminar las desviaciones temporales entre las señales PDH (siempre dentro de las tolerancias establecidas por el ITU-T). Cuando se hace la correspondencia con tributarios síncronos, se insertan bytes de relleno fijos, en vez de bytes de justificación.

Las señales ATM pueden ser transportadas en la red SDH en los contenedores C-11, C-12, C-3 y C-4; aunque en este caso el entramado no es continuo como en el caso de PDH.

Aunque, en teoría, una señal ATM está formada por celdas discontinuas de 53 bytes, los intervalos entre estas celdas se rellenan con celdas vacías, que son insertados por el equipo ATM cuando se conecta a una interfaz SDH, formando de esta forma una señal continua.

Por lo general, las celdas ATM son transportadas sobre la carga útil de un VC-4 o de varios VC-4s concatenados (ITU-T G.707). Las señales IP son transportadas sobre la red SDH siguiendo, por lo general, el método PoS (Packet over SONET). Para ello, primero es necesario que la señal IP sea encapsulada mediante PPP (Protocolo Punto a punto, IETF RFC 1661-1662), siendo transportada la trama sobre la carga útil de un VC-4 o de varios VC-4s concatenados (IETF RFC 2615).

Un contenedor virtual o VC-n (Virtual Container) es el conjunto de un contenedor y la tara de trayecto. La tara de trayecto o POH (Path OverHead) tiene como misión monitorizar la calidad e indicar el tipo de contenedor; por lo tanto, el formato y tamaño del POH depende del tipo de contenedor. El VC es la entidad de carga útil que viaja sin cambios a lo largo de la red, siendo creada y desmantelada en los distintos puntos de acceso o terminación del servicio de transporte.

El siguiente paso para formar la señal STM-N completa, consiste en añadir un puntero en una posición fija indicando el comienzo del VC dentro de la trama. En consecuencia, el VC puede flotar dentro del área de carga que le es destinado, debiendo el puntero alinearse en consecuencia. La unidad formada por el puntero y el VC se denomina unidad administrativa o AU-n (Administrative Unit), o bien unidad tributaria o TU-n (Tributary Unit).

Después, se realiza un simple proceso de multiplexación por entrelazado de byte de un conjunto de TUs, obteniendo una estructura denominada grupo de unidades tributarias o TUG-n (Tributary Units Group). Este proceso es completamente síncrono. Una o más unidades administrativas forman un grupo de unidades administrativas o AUG (Administrative Unit Group). Finalmente, se debe dotar a la estructura obtenida de información adicional que permita su transporte por el medio físico, es decir, del SOH. El grupo de unidades administrativas junto a la SOH forman el STM-N. En un STM-N no se utilizan todos los bytes de información de control de todos los STM-1s, sino que las funciones de algunos

bytes se realizan con la información contenida en los bytes correspondientes del primer STM-1. Como hemos visto, las taras u OHs son bytes reservados para la información del propio sistema.

Parte de ellos son asignados a los VCs y otros a los STMs. La información contenida en las taras se utiliza básicamente para la monitorización de la calidad, detección de errores, canales de comunicaciones, canales de datos, protección automática, etc. La tara de trayecto o POH se asigna al contenido útil al multiplexarse en el VC, permaneciendo con este VC hasta que sea demultiplexada la carga útil. De esta forma, un trayecto es el tramo de la red SDH comprendido entre dos puntos de ensamblado y desensamblado de VCs. La tara de sección o SOH forma parte de la trama STM.

Puesto que una sección de multiplexación puede estar formada por varias secciones de regeneración, la SOH se divide en la tara de sección de multiplexación o MSOH y la tara de sección de regeneración o RSOH. En los regeneradores sólo se tiene acceso a la RSOH. De este modo, una sección es aquella parte de un trayecto en la que se mantiene la integridad de la señal STM-N, es decir, la multiplexación o demultiplexación se realiza sólo en los extremos.

La utilización de punteros en SDH supone muchas ventajas respecto a la utilización de bits de justificación en PDH, desempeñando principalmente dos funciones.

La primera misión del puntero es identificar la posición de los VCs en la trama correspondiente, que será una AU o TU. Esto permite asignar de forma flexible y dinámica el VC con la información útil dentro de la trama AU o TU.

La segunda misión del puntero es adaptar la velocidad binaria de los VC a la velocidad binaria del canal de transmisión.

Es decir, mediante un mecanismo de justificación positiva, negativa o nula, permiten absorber las diferencias de frecuencia entre las diferentes señales que forman un STM-N.

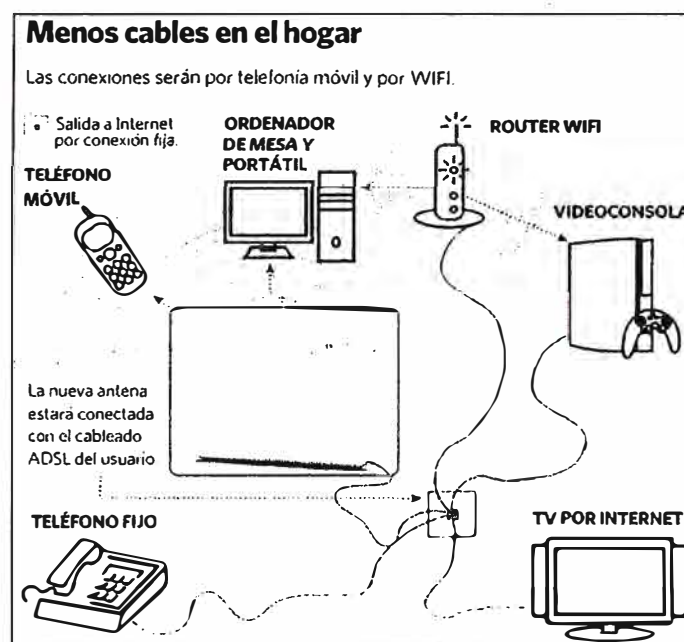
Finalmente, una vez creada la trama STM-N, esta es transmitida utilizando los códigos de línea NRZ (no retorno a cero) y RZ (retorno a cero) en el caso de la interfaz óptica. En el caso del STM-1 e interfaz eléctrica, el código de línea utilizado es CMI. Para evitar la transmisión de largas cadenas de 0s ó 1s que pueden dificultar la recepción de la señal, se utiliza un mezclador o scrambler en el momento de generar la señal óptica.

Los únicos bytes que no son mezclados son los tres primeros, siendo los dos primeros aquellos que identifican el inicio de las tramas y el tercero aquel que identifica el número de trama STM-1 dentro de una trama STM-N.

1.2.-Nuevas tecnologías

1.2.1.-Femtoceldas

Las femtoceldas son un claro ejemplo de convergencia fijo-móvil en las redes de acceso. Una femtocelda es una estación base en miniatura, que se integra con la red móvil mediante una conexión de banda ancha, generalmente ADSL. Cuando el usuario está dentro de la cobertura de la femtocelda puede acceder a la red móvil. La ventaja es clara en aquellas zonas donde la cobertura de las celdas ordinarias es mala o insuficiente, por ejemplo en zonas rurales e interiores. En la figura 1.24 se muestra las conexiones por telefonía móvil y WiFi.



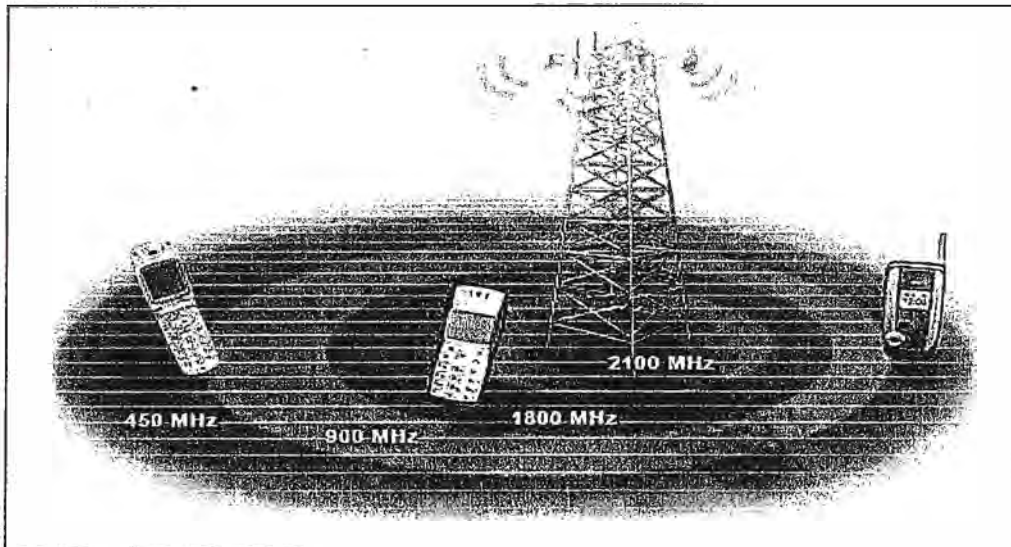
Fuente: www.adslnet.es/images/vodafone_femtoceldas.jpg
Figura 1.24 Conexiones por telefonía móvil y WIFI

1.2.2.-CDMA450

Nace como una idea específica para zonas rurales, donde la CDG (CDMA Development Group) plantea la posibilidad de utilizar CDMA2000 en los 450 MHz Teniendo como ventaja la utilización de una sola estación base, la cual sin ningún obstáculo en su trayectoria podría alcanzar a cubrir hasta 80 Km.

Además, esta solución es ideal para zonas rurales porque el espectro está libre, algo que no sucede en las grandes urbes donde está siendo intensamente utilizado por diferentes servicios y tipos de terminales.

En la figura 1.25 se muestra la diferencia de coberturas ante las distintas frecuencias de telefonía móvil usadas, esta tecnología también puede ser usada para dar servicio de telefonía fija, telefonía móvil y cable.



Fuente: www.3g.co.uk/PR/Sept2008/CDMA450.jpg
 Figura 1.25 CDMA 450 mayor cobertura.

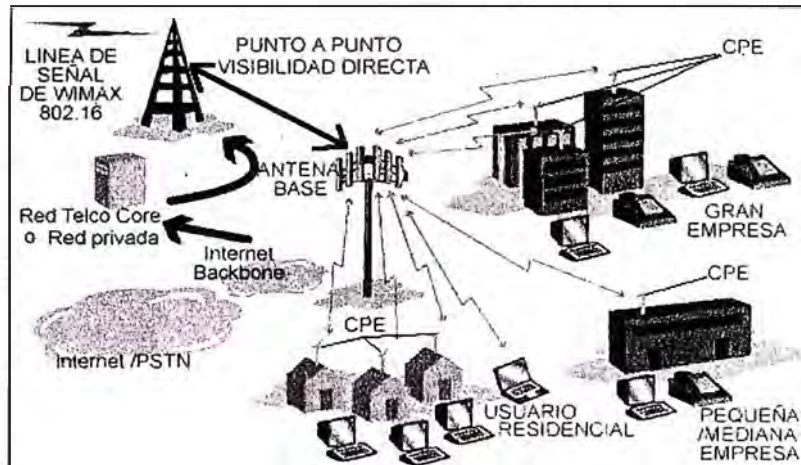
1.2.3.-Wimax

a).-Fijo: El estándar del 802.16-2004 del IEEE fue diseñado para el acceso fijo. Este estándar puede ser al que se refirió como "fijo inalámbrico" porque usa una antena en la que se coloca en el lugar estratégico del suscriptor. La antena se ubica generalmente en el techo de una habitación mástil, parecido a un plato de la televisión del satélite. También se ocupa de instalaciones interiores, en cuyo caso no necesita ser tan robusto como al aire libre. El estándar 802.16-2004 es una solución inalámbrica para acceso a Internet de banda ancha. Wimax acceso fijo funciona desde 2.5-GHz autorizado, 3.5-GHz y 5.8-GHz exento de licencia. Esta tecnología provee una alternativa inalámbrica al módem cable y a las xDSL.

b).-Móvil: El estándar del 802.16e del IEEE que es una revisión para 802.16-2004 que va dirigido al mercado móvil añadiendo portabilidad y capacidad para clientes móviles con IEEE. Los adaptadores del 802.16e para conectarse directamente al Wimax enlazan en red del estándar. Supuestamente esperamos que el estándar 802.16e haya sido consolidado en 2005.

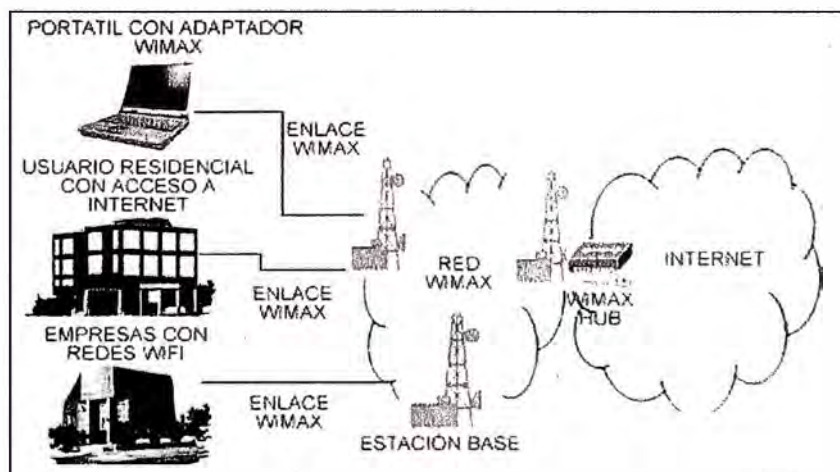
El estándar del 802.16e usa Acceso Múltiple por División Ortogonal de Frecuencia (OFDMA), similar a OFDM en que divide en las subportadoras múltiples. OFDMA, sin embargo, va un paso más allá agrupando subportadoras múltiples en subcanales. Una sola estación cliente del suscriptor podría usar todos los subcanales dentro del periodo de la transmisión. El estándar 802.16-2004 del IEEE mejora la entrega de última milla en varios aspectos cruciales: La interferencia del multicamino, el retraso difundido, la robustez.

Al principio Wimax ofrecerá limitados anchos de banda y sin movilidad en exteriores, con un punto de visibilidad directa. Se necesitará la instalación del equipo en cada domicilio para poder utilizarlo. Se empezará contando tan solo con las mismas prestaciones que un acceso básico a internet. En la figura 1.26 se muestra el Wimax de primera generación.



Fuente: hardz.files.wordpress.com/2007/10/trabajo-wimax.doc
 Figura 1.26 Wimax de primera generación.

La segunda generación de Wimax será para interiores, con módems autoinstalables similares a los de xDSL. A partir de ese momento Wimax ofrecerá movilidad a los usuarios para que puedan desplazarse sin perder la conexión. En la figura 1.27 se muestra el Wimax de segunda generación.



Fuente: hardz.files.wordpress.com/2007/10/trabajo-wimax.doc
 Figura 1.27 Wimax de segunda generación.

CAPITULO II DETERMINACION DE NECESIDADES

2.1. Flujo de tráfico a transmitir

2.1.1 Demanda telefónica

La demanda telefónica de una localidad se representa por el número de abonados existentes más el número que desean ser abonados.

La demanda telefónica depende de la ocupación, de la población, del nivel cultural, del nivel económico, de las tarifas telefónicas, de las costumbres y hábitos, del capital, del factor demográfico, de los elementos políticos, de las fuentes naturales (tierra), de la mano de obra (trabajo), etc.

Existen varios modos de calcular el desarrollo telefónico y de determinar si la densidad telefónica corresponde al nivel cultural y económico de la región, el método a usar dependerá de los datos estadísticos disponibles.

Las características especiales del lugar tienen una enorme influencia sobre la planificación de las telecomunicaciones.

En general solo hay métodos específicos de estimación para el caso de la demanda rentable, que han sido desarrollados para países económicamente avanzados.

Los métodos en uso, llamados sistemas tradicionales de estimación de servicio público de telecomunicaciones se pueden clasificar básicamente de tres tipos:

- a) Extrapolación lineal, exponencial o logarítmica de las tendencias de series en el tiempo.
- b) Comparación con otros países o zonas en la misma o diferente época y regresión múltiple.
- c) Correlación con diferentes factores económicos a nivel de agregados nacionales
- d) Estos métodos son útiles, dentro de las limitaciones inherentes a cada uno de ellos en las economías para los cuales se crearon.

Su empleo en igual forma en países menos desarrollados es delicado, en virtud en varios aspectos de los cuales los más salientes son los que se discuten a continuación.

Los métodos tradicionales pueden ser satisfactorios para resolver ciertos problemas de demanda en economías avanzadas pero no ofrecen soluciones a los países en vías de desarrollo.

Las dificultades de aplicación surgen básicamente de:

- a) Ausencia de datos confiables sobre la demanda, existiendo una demanda insatisfecha oculta que puede ser grande.
- b) Ausencia de relaciones de causalidad entre las variables
- c) Uso de estadística inadecuada
- d) Uso de indicadores mundiales y críticos de comparación

Los métodos más usados en la estimación de la demanda telefónica son:

- a) El método de grado difusión: En zonas donde no existe servicio telefónico se considera como grado de difusión mínimo del 1%
- b) El método de tendencia: Empleado en las zonas con servicio, asume que el porcentaje anual de desarrollo (demanda), será igual en el futuro que en el pasado.
- c) El método de comparación: Se basa con la comparación con la tendencia histórica de una ciudad más desarrollada y suponiendo que se repetida esta tendencia en la localidad menos desarrollada: este método es la ampliación de la anterior para centros sin servicios.
- d) El método matemático: Consiste en emplear una fórmula que involucra.

A = Abonados reales mas potenciales

N = Habitantes

T = Tiempos

C = Costo de vida

I = Grado de saturación (A/N)

Este grado de saturación es el punto débil del método pues es difícil determinarlo de forma confiable

- e) El método económico: Involucra
 - Ingreso anual per-cápita de población en industria, comercio, transporte y comunicaciones.
 - Consumo de revistas y periódicos.
 - Densidad telefónica por categorías: Profesional, comercial y residencial.
 - Distribución de los ingresos.

f) El método de combinación de conceptos

Es método que emplea una combinación de todos los métodos usados anteriormente, así como el conocimiento de la región, condiciones económicas, criterios de actividad promocional para aumentar la demanda, etc.

2.1.2.-Estudio de la demanda telefónica

El estudio de la demanda telefónica tiene como finalidad medir el número de teléfonos de un área de servicio o localidad la cual es una variable determinante para la implementación de la planta telefónica y la toma de decisiones relativas a :

- a) Número de líneas telefónicas a instalar actualmente y su proyección a 15 años de la fecha de entrada en operación del servicio.
- b) La identificación de la localización de la demanda a nivel detallado de las diversas áreas de la ciudad.
- c) Conocer la estructura de la demanda en función a variables del tipo socio – económico y características urbanas de la localidad.
- d) Determinación de la localización física de las instalaciones en base a la distribución espacial de la demanda (centro de alambres)

Las hipótesis que se consideran hacer un estudio de este tipo son:

- a) Las características físicas de las unidades de vivienda y comercio, así como su localización en determinada área de la localidad viene a ser un indicador del nivel socio – económico de dichas unidades.
- b) La demanda del servicio telefónico está en función de las necesidades de comunicación y capacidad de adquisición medida por los ingresos familiares.
- c) Los sectores residenciales de la localidad donde el grupo de consolidación y urbanización es mayor, existirá una demanda mayor que en áreas de formación y un escaso nivel de urbanización ya que las prioridades se trasladan a los servicios básicos.
- d) En medida que en determinada área de la localidad predomine las unidades de tipo comercial sobre las residenciales, la demanda será mayor y tenderá a saturarse rápidamente en comparación con las áreas residenciales.
- e) La demanda histórica compuesta por los abonados y solicitud pendiente de instalación se aproxima a la demanda real de la localidad y condiciona el crecimiento futuro del servicio, así como está influido en el nivel de oferta en determinado momento

- f) Debido a que las tarifas están reguladas por el gobierno y no sufren incrementos en términos reales, su influencia en la demanda es poco significativa.

En el departamento de San Martín cuenta con una población de aproximadamente 799 646 habitantes (Censo 2005), pobreza al 66.9% y analfabetismo al 11.30%; en el departamento de Huánuco cuenta con una población de aproximadamente 844 649 habitantes (Censo 2005), pobreza al 78.9% y analfabetismo al 21.3%. San Martín y Huánuco exhibe una variedad de productos importantes para la exportación, particularmente en la agricultura y manufactura. Estos productos son liderados por el café, madera, los palmitos, el cacao y el algodón entre otros. Los servicios de telecomunicaciones en el departamento de San Martín y Huánuco han estado evolucionando favorablemente, aún resta mucho por hacer; en la tabla 2.1 se muestra el número de líneas telefónicas entre los años 2000 y 2007.

Tabla 2.1 Número de líneas telefónicas.

| Departamento | Servicio | Año 2000 | Año 2007 |
|-------------------|-------------------|----------|----------|
| SAN MARTIN | Telefonía fija | 12,409 | 24,235 |
| | Telefonía móvil | 3,194 | 79,109 |
| | Telefonía pública | 1,381 | 1,934 |
| HUANUCO | Telefonía fija | 10,433 | 15,181 |
| | Telefonía móvil | 4,934 | 81,376 |
| | Telefonía pública | 947 | 1,885 |

Fuente: MTC

En la actualidad tenemos el tráfico a nivel de E1 en la red de TdP y se observa que la red está actualmente saturándose y que aun con el uso de compresores VOIP ya están teniendo problemas de capacidad.

Hemos tomado información de las áreas de planificación de datos, conmutación y móviles de Telefónica del Perú S.A.A todas ellas indican que se encuentran limitados sus servicios por la red de transmisiones actual, se ha tratado de cubrir mas área sacrificando la capacidad del servicio. Con estos datos nos damos cuenta de la importancia de una red de transmisiones con más capacidad para el futuro, actualmente los pueblos de Tocache, Uchiza, Puerto Prado se comunica con la red a través de un enlace satelital que se encuentra en Tocache, actualmente este enlace no da abasto con el tráfico existente en la zona. Yurimaguas, Picota, Juanjuí, Saposoa, Bellavista, se comunican a través del enlace de radio que llega a Tarapoto, siendo este la única ruta.

Este proyecto cerrará el anillo del norte del país y tiene salida tanto por C. Divisoria como por Tarapoto a la red nacional de Telefónica del Perú S.A.A. Con esta red podremos

dar a Tocahe, Yurimaguas, Bellavista, Juanjui una mejor capacidad en su red, ya no habrá saturación en las líneas, en las llamadas móviles y gozarán de banda ancha los pueblos rurales de la zona.

Tomaremos como dato los E1 de las localidades y durante el diseño se dará más cantidad de E1 en los tramos con el fin de mejorar la capacidad de transmisión de la región en estudio, Asimismo aprovecharemos la infraestructura nueva que vamos a realizar para convertir esas estaciones, en estaciones bases para dar servicio móvil, por ejemplo C. La Cumbre, C. Maná y C. 1062. En las tablas 2.2 y 2.3 se mostrarán la capacidad actual de nuestras estaciones, así como también de algunos pueblos cercanos y como será su capacidad a futuro luego de terminar nuestra red.

Tabla 2.2 Capacidad en E1 por Zona a ser cubierta

| Enlace | Capacidad en E1 ahora | Ocupación del E1 | Capacidad a futuro |
|------------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Barrio la Loma móviles | 2 | 99% | 4 |
| Yurimaguas telefonía | 1 | 100% | 5 |
| Yurimaguas digired | 1 | 100% | 5 |
| Clientes en Yurimaguas | No tiene | No tiene | 5 |
| Escalera móviles | No tiene | No tiene | 1 |
| Picota móviles | No tiene | No tiene | 1 |
| Situyal móviles | No tiene | No tiene | 1 |
| Juanjuicillo móviles | 1 | 100% | 4 |
| Juanjuí telefonía | 1 | 100% | 3 |
| Juanjuí digired | 2 | 100% | 4 |
| Juanjuí móviles | 2 | 99% | 3 |
| C. La Colina móviles | No tiene | No tiene | 1 |
| Saposoa telefonía | 1 | 99% | 2 |
| Saposoa digired | 1 | 100% | 3 |
| C. Sangapilla móviles | No tiene | No tiene | 1 |
| Bellavista telefonía | 1 | 100% | 2 |
| Bellavista digired | 1 | 100% | 2 |
| Bellavista móviles | 1 | 100% | 2 |
| Clientes en bellavista | 1 | 100% | 3 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2.3 Capacidad en E1 para la zona de Tocache

| Enlace | Capacidad en E1 | Ocupación del E1 | Nueva capacidad |
|----------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Tocache Telefonía | 1 | 99% | 1.5 |
| Tocache Digired | 0.5 | 100% | 2 |
| Tocache Móviles 1 | 0.75 | 100% | 1.5 |
| Puerto Prado Móviles | 0.5 | 100% | 1 |
| Uchiza Móviles | 0.25 | 100% | 1 |

Fuente: Elaboración Propia

2.2.-Nuevos Mercados

Las zonas rurales son zonas en las cuales aun falta ingresar el mercado de las telecomunicaciones es por eso debemos enfocar nuestra expectativas en ese mercado que aun falta explotar, mediante soluciones inalámbricas como el CDMA 450, Wimax 802.16d y 802.16 e. y con el desarrollo de las Femtoceldas. Asimismo podremos promocionar el fono fácil, dar servicio a otros operadores, internet prepago.



Fuente: http://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-11549205-bateria-para-telefono-inalambrico-fonoya-fonofacil-fonoclaro-_JM

Figura 2.1 Fono fácil.

CAPITULO III INGENIERÍA DEL PROYECTO

En el presente capítulo realizaremos el diseño de la red de microondas que servirá de protección a la nor oriente de la selva mediante el anillo de microondas y así mismo dará un mayor ancho de banda a las zonas atendidas por satélites en el departamento de San Martín y Huánuco.

La capacidad de nuestra red será de un STM-1 o 155 Mbps, el sistema tendrá dos canales de RF (Radio frecuencia), el primero de trabajo y el segundo de protección, formando un sistema 1+1.

Se debe tomar una banda de frecuencia baja, ya que las posibilidades de desvanecimiento son menores en esta zona, para nuestro caso utilizaremos la frecuencia de 6 GHz.

3.1.-Estrategia de encaminamiento de las estaciones

El proyecto se encuentra en la zona nor oriental de la selva, en los actuales departamentos de San Martín y Huánuco. Tomando en cuenta la red PDH existente en la zona, se planteo dos rutas para cerrar el anillo en el norte del Perú.

La primera ruta es llegar de C¹. Situyal a C. Santa Rosa, la distancia que los separan a ambos puntos es 68.2 Km. Esta opción se dejó de lado por problemas con las comunidades vecinas debido a que dicho cerro se encuentra ubicado entre dos pueblos y estos reclamaban ser los dueños de dichas tierras y pedían se les pague por el alquiler del terreno, por este motivo se descartó esta alternativa.

La segunda ruta es llegar de C. Situyal a C. La Cumbre, la distancia que los separa es 70.97 Km., es nuestro tramo más largo.

Por lo antes expuesto se tomo la decisión de utilizar como punto de nuestra ruta al C. La Cumbre, a pesar que el salto es más largo pero al menos no íbamos a tener problemas legales o de índole poblacional.

La ruta de todo el Proyecto es de la siguiente forma:

- Central Tarapoto – C. Escalera D = 8.40 Km.
- C. Escalera – C. Picota D = 49.94 Km.

¹ C. es la abreviación de la palabra Cerro

- C. Picota – C. Situyal D = 43.35 Km.
- C. Situyal – C. La Cumbre D = 70.97 Km.
- C. La Cumbre – C. Mana D = 41.57 Km.
- C. Mana – Tocache D = 22.44 Km.
- Tocache – C. 1062 D = 67.17 Km.
- C. 1062 – C. Divisoria D = 70.18 Km.

Se plantea utilizar infraestructura de la red PDH existente en algunos tramos y así poder reducir algunos costos.

Se unirá las estaciones de central Tarapoto hasta C. Divisoria (este nodo es el que da servicio a la central Pucallpa y así podremos enrutar el tráfico según nuestra conveniencia), asimismo tener en cuenta que para realizar los trabajos en C. La Cumbre, C. Mana y C. 1062 es necesario pedir permiso tanto a la municipalidad como a las autoridades locales respectivas.

En el ANEXO A se mostrará el mapa de localización de las estaciones.

3.2.-Situación de los radioenlaces de microondas en la zona en estudio

Actualmente una parte de la zona en estudio cuenta con enlaces PDH, los cuales durante nuestro proyecto cambiarán a enlaces SDH.

En el tramo Tarapoto – C. Escalera tiene una configuración 1+1, En C. Escalera se enruta hacia Yurimaguas (1+1) y hacia Picota (1+1), la cual era suficiente antes de la ampliación móvil a nivel nacional.

En el Tramo C. Escalera hasta Situyal actualmente trabaja como una configuración 1+1, en C. Situyal se conectan los enlaces PDH 16 x 2 Mbits: Juanjui, Bellavista y Saposoa.

En Tocache hay una estación terrena que es el medio de transmisión para dar Servicio a Tocache, Santa Lucia y Uchiza. En Tocache se conectan los enlaces PDH 16 x 2 Mbits: Santa Lucia, Uchiza.

Con la gran ampliación de móviles para tener mayor cobertura a nivel nacional y ante el pedido de muchos clientes en la zona de estudio, esta red ya casi está saturada como solución Temporal se comenzaron a instalar Compresores de Voz (Comprimen 4 E1 en 1 E1), estos Radios PDH trabajan en la banda de 7 GHz.

Los equipos de esta red cuentan con tecnología antigua si bien es cierto que trabaja eficientemente ya no existen los repuestos para estos equipos, la solución sería cambiarlos por una tecnología moderna a fin de optimizar y compatibilizar con los sistemas de transmisión. En el ANEXO B se mostrará la ruta actual de las estaciones que llegan desde Caja-

marca hasta la Central Tarapoto a través de enlaces SDH, luego se ve la isla que hace el Nodo de Tocache, actualmente atendido tan solo por un enlace satelital.

En la parte sur de nuestro diagrama la red viene desde la Oroya hacia C. Divisoria, todo este tramo son enlaces de radio SDH para luego llegar a Pucallpa.

3.3.-Frecuencias de operación en el Perú (PNAF)

El espectro radioeléctrico es un recurso natural, sus frecuencias se fijan desde 9 KHz hasta 300 GHz y forman parte del patrimonio de la nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento, correspondiendo su gestión, administración y control al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

El Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF) contiene los cuadros de atribución de frecuencias de los diferentes servicios de telecomunicaciones en la república del Perú, de tal forma que los diversos servicios operen en bandas de frecuencias definidas previamente para cada uno de ellos, a fin de asegurar su operatividad, minimizar la probabilidad de interferencias perjudiciales y permitir la coexistencia de servicios dentro de una misma banda de frecuencias, cuando sea el caso.

Por la naturaleza dinámica de la gestión de frecuencias, el PNAF debe actualizarse periódicamente como resultado de acuerdos tomados en las conferencias mundiales de radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), acuerdos bilaterales y multilaterales celebrados con otras administraciones, recomendaciones formuladas por organismos internacionales de los que el Perú es miembro como la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) y de aquellas modificaciones; adiciones o expedición de normas nacionales, aplicadas a los planes de distribución de radiocanales de los servicios de radiocomunicación que actualmente están en operación, o bien de los nuevos servicios de radiocomunicación.

Las bandas de 4 400 - 5 000 MHz, 5 925 - 6 425 MHz, 6 430 - 7 110 MHz, 7 125 - 8 275 MHz, 10 700 - 11 700 MHz, 12 750 - 13 250 MHz, 14 400 - 15 350 MHz, 17 700 - 19 700 MHz, 21,2 - 23,6 GHz y 37 - 38,6 GHz, pueden ser utilizadas para radioenlaces digitales para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones, según los planes de canalización correspondientes. En nuestro caso por la clima de los departamentos de San Martín (cálido y húmedo-caluroso) y Huánuco (cálido) se recomienda el uso de frecuencias bajas ya que están son más resistentes a los desvanecimientos, así nuestros enlaces serán de mayor distancias y con mejor niveles de recepción.

Nosotros usaremos la frecuencia U6 (6 460 MHz – 7080 MHz), la cual tiene como frecuencia central 6 770 MHz (esta frecuencia se usa en los cálculos de propagación), ya que en ésta frecuencia se usa mejor la modulación de 64 QAM, tiene mejor separación de canales y es más recomendable para distancia largas por que la modulación es más robusta.

3.4.-Topología de la red

Por la configuración actual de red nacional de microondas, se planteó poder terminar de cerrar el anillo de la parte norte del Perú; y así poder brindar mayor seguridad a la red con rutas alternas.

Reemplazo de equipos obsoletos y mejorar la performance de los tramos y así poder dar un mejor servicio a los distintos pueblos Saposoa, Bellavista, Tocache; mayor protección ante los desastres naturales, descongestionar el tráfico que viene de Tarapoto como de Pucallpa, liberar el tráfico satelital, el enrutamiento del radioenlace se determina mediante un estudio de sitio.

Para nuestro caso hemos escogido ciertos lugares mediante cartas topográficas y en otros lugares se ha utilizado la infraestructura ya existente. En este diseño se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

- 10 metros de separación entre la antena principal y la de diversidad
- Altura de los árboles de 30 metros, según información de la zona
- Se utilizará diversidad a los radioenlaces mayores de 40 Km. Para poder mantener la alta calidad de la transmisión.
- Total de longitud de todo el tramo 374.02 Km.

La determinación de las estaciones y las alturas de las torres son mediante el estudio de cartas topográficas, la utilización de software avanzado para realizar el estudio de gabinete respectivo, el software usado para verificación de los perfiles es el Optimi Wizard.

El ANEXO C se muestra el plan de enrutamiento de nuestra red, en el ANEXO D se muestran las cartas geográficas de las estaciones, y en el ANEXO E están los perfiles hecho a mano y realizado por el Optimi Wizard.

Las alturas de las torres que satisfacen los requerimientos de línea de vista y las longitudes de la guía de onda se muestran en el ANEXO F.

Durante el estudio de gabinete ya estaban definidos los siguientes puntos:

- Central Tarapoto (Actualmente cuenta con enlace PDH hacia C. Escalera),
- C. Escalera (Actualmente cuenta con enlace PDH hacia C. Picota),
- C. Picota (Actualmente cuenta con enlace PDH hacia C. Situyal),

- C. Situyal (Actualmente cuenta con enlace PDH hacia C. Picota),
- Tocache (Actualmente cuenta con una estación Satelital),
- C. Divisoria (Este punto en la actualidad cuenta con enlace SDH hacia Pucallpa)

Los puntos elegidos durante el estudio de gabinete han sido confirmados y optimizados durante el estudio de prospección en el campo.

En el estudio de prospección en el campo se tendrán en cuenta las vías de comunicación existentes en la zona, grado de desarrollo alcanzado por las localidades, tendríamos que mencionar que parte de la información recogida fue dada los habitantes del lugar, colonos de la zona, comunidades nativas

3.4.1.-Asignaciones de frecuencia

En general, para los enlaces de microondas existen bandas de 2, 4, 5, 6, 7, 8 y 11 GHz de acuerdo a las recomendaciones de la ITU, para nuestro caso nosotros hemos optado por la frecuencia de U6 GHz.

Esta banda como ya hemos mencionado anteriormente se encuentra entre las frecuencias de 6 430 – 7 110 MHz, con una separación entre canal de 40 MHz.

Para las asignaciones de frecuencias de cada una de las estaciones, deben tenerse en cuenta lo siguientes características antes de su determinación

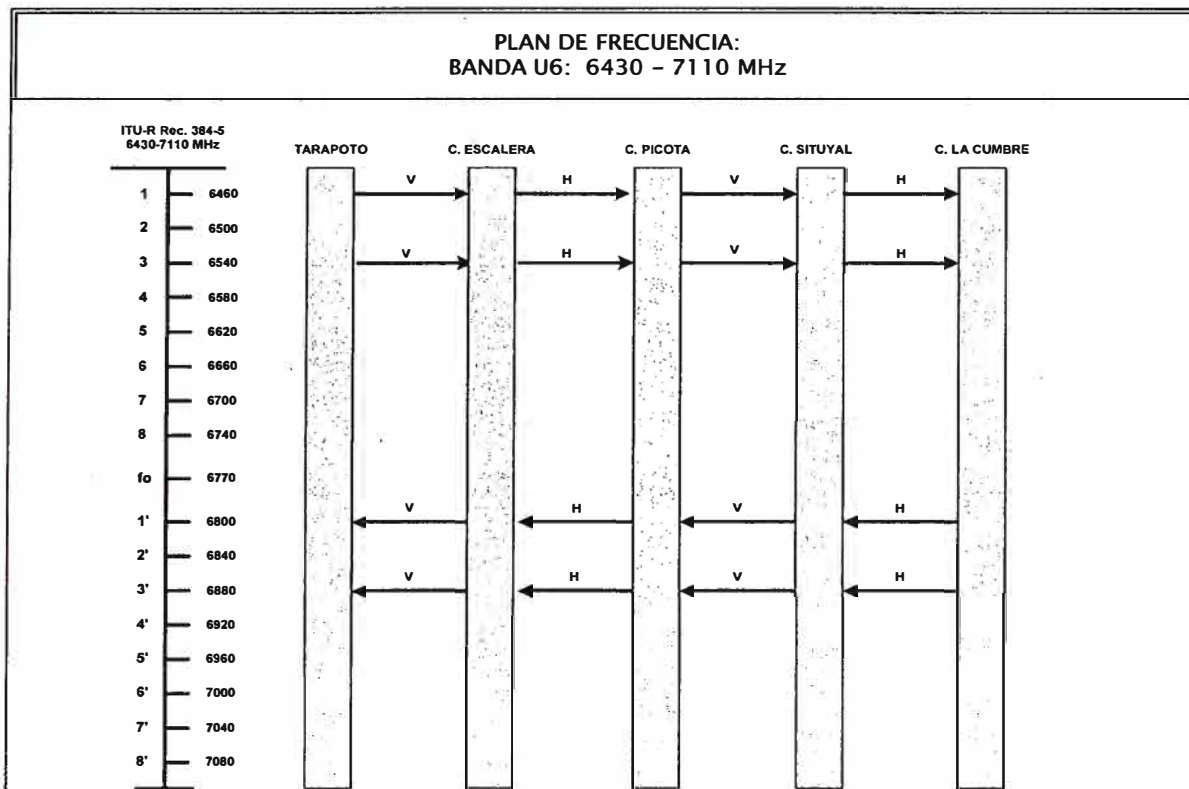
- Asignación de la separación mínima que necesita los equipos con respecto a los canales adyacentes.
- La interferencia con las estaciones vecinas o con las estaciones de derivación.
- Evitar la interferencia de estaciones lejanas (over reach).
- Problemas de interferencia con las frecuencias que se utilizan en las estaciones o instalaciones existentes.

Para la asignación de frecuencias de cada sitio se ha tomado en cuenta la teoría expuesta en el Capítulo I sobre las interferencias causadas en radioenlaces, así como las diferentes opiniones de personas con amplias experiencias en estos temas.

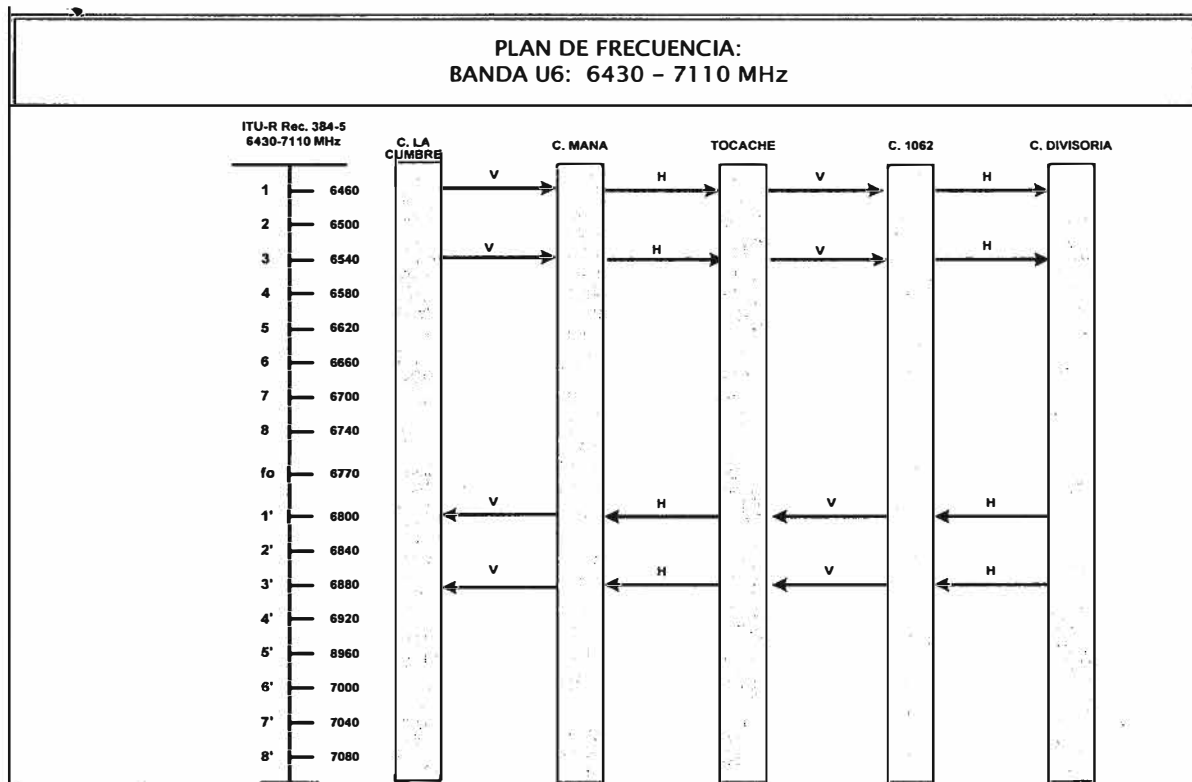
Como se mostrará en las figuras siguientes aun nos quedarán más frecuencias por usar, es decir se podrá ampliar la capacidad de nuestra red sin la necesidad de gastar en antenas, guías de onda, equipos, etc.

En la figura 3.1 se muestran el plan de frecuencia y la polarización de sus antenas en el tramo Tarapoto – C. La Cumbre. (en la banda U6: 6 430 7 110 MHz).

En la figura 3.2 se muestran se muestran el plan de frecuencia y la polarización de sus antenas en el tramo C. La Cumbre – C. Divisoria. (en la banda U6: 6 430 7 110 MHz).



Fuente: Propia
Figura 3.1 Plan de frecuencia



Fuente: Propia
Figura 3.2 Plan de frecuencia

3.5.-Diseño de la red

3.5.1.-Cálculo del comportamiento del sistema

Los cálculos de los sistemas son modelos matemáticos y estadísticos mediante el cual vamos a comprobar las fórmulas del cálculo de propagación y estos resultados nos servirán durante el momento de la instalación del sistema como referencia ya que los valores deberían ser similares.

En esta sección se calcula el comportamiento del sistema en el tramo C. Situyal – C. La Cumbre, los demás cálculos de los otros tramos se muestran en el ANEXO G, primero debemos de tener los datos de las estaciones así, como las especificaciones técnicas del posible equipo a utilizar. Para nuestro proyecto se tomará el modelo NEC SDH 5000, en el ANEXO H se mostrará el datasheet del equipo, antenas, guía de onda.

i. Datos de las estaciones

a. Alturas de antenas en la torre

- Altura de la antena en la torre 1: 20 metros (C. Situyal)
- Altura de la antena en la torre 2: 40 metros (C. La Cumbre)

b. Longitud del alimentador o guía de onda (desde la antena hasta el equipo)

- Alimentador 1: 51 metros (C. Situyal)
- Alimentador 2: 60 metros (C. La Cumbre)

c. Pérdidas en el alimentador (Se encuentra en la especificaciones técnicas del alimentador)

- $L_{e1} = 51 \text{ m} \times 0.049 \text{ dB/m} = 2.499 \text{ dB. (C. Situyal)}$
- $L_{e2} = 60 \text{ m} \times 0.049 \text{ dB/m} = 2.94 \text{ dB. (C. La Cumbre)}$

d. Tipo de antena

- Estación A: HSX, diámetro 3 metros (C. Situyal)
- Estación B: HSX, diámetro 3 metros (C. La Cumbre)

e. Ganancia de antena (Especificación técnica de la antena)

- $G1 = 45.7 \text{ dB (C. Situyal)}$
- $G2 = 45.7 \text{ dB (C. La Cumbre)}$

ii. Cálculo del nivel de recepción

a. Distancia del salto $d = 70.97 \text{ Km.}$

b. Total de pérdidas del alimentador

$$L_{et} = L_{e1} + L_{e2} = 5.4 \text{ dB} \dots \dots \dots (3.1)$$

c. Pérdidas del circuito de derivación

$$L_{BC} = 5.8 \text{ dB (Dependiendo del fabricante)}$$

d. Pérdidas de espacio libre

$$L_S = 92.4 + 20 \text{ Log (f.d)} = 92.4 + 20 \text{ Log (6.77 x 70.97)} = 146 \text{ dB}$$

Donde: f: Frecuencia (GHz)

d: Distancia de salto (Km)

e. Pérdidas totales

$$L_t = L_{et} + L_{BC} + L_S = 5.4 + 5.8 + 146 = 157.2 \text{ dB} \dots \dots \dots (3.2)$$

f. Potencia de transmisión (dependiendo del equipo)

$$P_t = 33 \text{ dBm}$$

g. Ganancia total

$$G_t = G_1 + G_2 = 91.4 \text{ dB} \dots \dots \dots (3.3)$$

h. Nivel de recepción: El obtenido debe ser mayor al nivel umbral mínimo dado por el fabricante

$$R_x = G_t + P_t - L_t = 91.4 + 33 - 157.2 = -32.9 \text{ dBm} \dots \dots \dots (3.4)$$

i. Nivel umbral (10^{-6}), depende del fabricante del equipo

$$N_{th} = -76 \text{ dBm.}$$

j. Margen de desvanecimiento: Debe ser mayor a 30 dB, como objetivo de diseño

$$M_f = R_x - N_{th} = -32.9 - (-76) = 43.1 \text{ dB} \dots \dots \dots (3.5)$$

iii. Calculo de probabilidad de interrupción o desvanecimiento

El factor de ocurrencia de desvanecimiento plano viene dado por la expresión

$$Pr = KQf^B d^C \dots \dots (3.6)$$

Donde: Pr: Factor de ocurrencia de desvanecimientos planos

d: Longitud del trayecto (Km)

f: Frecuencia (GHz)

K: Factor dependiente de las condiciones climáticas

Q: Factor dependiente de las condiciones topográficas.

Utilizando los valores obtenidos experimentalmente descritos en la Rec. 338-6 del CCIR, tenemos:

$$B = 1; C = 3$$

$$K.Q. = \frac{A \times 10^{-5}}{S_1^{1.3}} \dots \dots \dots (3.7)$$

Donde: S₁: Rugosidad del terreno ($6\text{m} \leq S \leq 42 \text{ m}$)

A: Factor climático regional (K.Q) según se indica en la tabla 3,1

Valores empíricos de los parámetros (ITU Rec. 338)

a. Condiciones del terreno (según tabla 3.1)

MT, alta humedad y temperatura

b. Rugosidad del terreno

Superficie rugosa, 42 m

c. Cálculo de KQ

$$KQ = 4.1 \times 10^{-5} / S^{1.3}$$

$$KQ = 3.181 \times 10^{-7}$$

d. PR Factor de ocurrencia del equivalente de Rayleigh

$$PR_{USA} = KQ \times f \times d^3 \dots \dots \dots (3.8)$$

$$PR_{USA} = 3.181 \times 10^{-7} \times 6.770 \times (70.97)^3 = 0.7697979558$$

Tabla 3.1 Factor Climático Regional

| | |
|--|----------------------------------|
| KQ para condiciones climáticas marítimas moderadas, mediterránea, costera o de alta humedad y temperatura “MT” | $4.1 \times 10^{-5} / S_1^{1.3}$ |
| KQ para región climática subtropical marítima “MS” | $3.1 \times 10^{-5} / S_1^{1.3}$ |
| KQ para condiciones climáticas de clima moderada continental o de interior a mediana latitud “CT” | $2.1 \times 10^{-5} / S_1^{1.3}$ |
| KQ para regiones climáticas montañosas muy secas “MO” | $10^{-5} / S_1^{1.3}$ |

Fuente: ITU Rec. 338

e. Factor de reducción, obtenida de la Tabla 3.2

$$Fr = 0.33$$

Tabla 3.2 Factor de reducción

| Promedio de altura de línea de vista | Factor de reducción |
|--------------------------------------|---------------------|
| ~ 300 m | 1 |
| 300 m ~ 500 m | 0.5 |
| 500 m ~ | 0.33 |

Fuente: TdP

f. PM: Probabilidad de ocurrencia de desvanecimiento de Rayleigh

$$PM = 0.2 \times PR_{USA} \times Fr = 0.2 \times 0.7697979558 \times 0.33$$

$$PM = 0.05080666508$$

g. NF: Figura de ruido del receptor (Características del equipo)

$$NF = 2.3 \text{ dB.}$$

h. Symbol Rate: Sr

Factor dependiendo del tipo de modulación:

$$Sr = \text{capacidad del sistema} / 2, \text{ para 4 QAM}$$

$$Sr = 41.518, \text{ para 32 QAM}$$

$$Sr = 30.100645, \text{ para 64 QAM (usada en el proyecto)}$$

$$Sr = 24.080516, \text{ para 128 QAM}$$

i. C/N ruido térmico:

$$C/N = 113.9 + Rx - NF - 10 \text{ Ln } Sr / \text{Ln } 10 \dots \dots \dots (3.9)$$

$$C/N = 113.9 + (-32.9) - 2.3 - 10 \text{ Ln } (30.100645) / \text{Ln } 10$$

$$C/N = 63.91 \text{ dB}$$

j. Nivel de interferencia D/U: Este parámetro se considera para enlaces ya instalados en donde se puede medir el nivel de interferencia.

k. Nivel Umbral ($BER = 10^{-6}$)

$$N_{th2} = 113.9 + N_{th} - NF - 10 \text{ Log } (Sr) \dots \dots \dots (3.10)$$

$$N_{th2} = 113.9 + (-76) - 2.3 - 10 \text{ Log } (30.1)$$

$$N_{th2} = 20.8 \text{ dB}$$

l. Margen de desvanecimiento plano: El desvanecimiento plano ocurre cuando la señal desaparece. Es el margen adicional al límite de ganancia para que ocurra desvanecimiento, por diseño este valor debe ser mayor de 30 dB. También debemos tener en cuenta que el valor de $D/U = 0$ ya que este enlace es nuevo

$$FFM = -10 \text{ Log } (10 - (C/N)/10 + 10 - (D/U)/10) - N_{th2} \dots \dots \dots (3.11)$$

$$FFM = C/N - N_{th2} = 63.91 - 20.8 = 43.11 \text{ dB}$$

Como podemos observar estamos bien para nuestro diseño

m. Probabilidad de salir del servicio debido al desvanecimiento plano:

$$PN = PR_{USA} \times Fr \times 10^{-FFM/10} \dots \dots \dots (3.12)$$

$$PN = 0.7697979558 \times 0.33 \times 10^{-43.11/10}$$

$$PN = 0.001241339838 \%$$

iv. Cálculo del tiempo esperado fuera de servicio

- a. Valor medio del tiempo de retardo de eco

$$TAU = 0.07 \times 3.7 \times (d_{MILLAS} / 20)^3 \dots\dots\dots(3.13)$$

$$TAU = 0.07 \times 3.7 \times ((70.97/1.609) / 20)^3$$

$$TAU = 2.778216335$$

- b. Factor de reducción debido a la inclinación del terreno, obtenida de la Tabla 3.3.

$$Fr = 0.2$$

Tabla 3.3 Factor de reducción debido a la inclinación del terreno

| Inclinación de terreno (m / Km.) | Factor de reducción | |
|-------------------------------------|---------------------|----------------|
| | Sin diversidad | Con diversidad |
| 0 – 4 | 1 | 1 |
| 5 – 4 | 1 | 1/2 |
| 5 – 6 | 2/3 | 1/5 |
| 6 – 7 | 1/3 | 1/15 |
| 7 → | 1/5 | 1/40 |

Fuente: TdP

- c. PD: Tiempo fuera de servicio debido al desvanecimiento dispersivo

$$PD = (TAU / (1 / Sr.1000))^2 \times 2 \times K1 \times 0.2 \times PM \times Fr \dots\dots\dots(3.14)$$

$$PD = (2.778 / 3.32 \times 10^{-2} \times 1000)^2 \times 2 \times 0.6 \times 0.2 \times 0.05081 \times 0.2$$

$$PD = 0.00170757091\%$$

- d. Tiempo esperado fuera de servicio

$$To = PN + PD \dots\dots\dots(3.15)$$

$$To = 0.001241339838 \% + 0.00170757091 \%$$

$$To = 0.002948910748 \%$$

- v. Los siguientes puntos muestra el cálculo de probabilidades de tiempo fuera de servicio cuando se implementa la diversidad de frecuencia.**

- a. Separación de canales RF:

80 MHz (Dato del equipo)

- b. $INFDCALCULADO$: Factor de diversidad de frecuencia cuando ocurre el desvanecimiento dispersivo:

Δf : Separación de canales RF.

$$INFDCALCULADO = \frac{80}{f \cdot d} \cdot \frac{\Delta f 10^{-3}}{f} \cdot 10^{FFM/10} \dots\dots\dots(3.16)$$

$$INFDCALCULADO = 80 \times 80 \times 10^{43.11/10} \times 10^{-3} / (6.77^2 \times 70.97)$$

$$\text{INFD}_{\text{CALCULADO}} = 40.265$$

- c. INDF: Factor de mejoramiento máximo para diversidad de frecuencia

Si no hay diversidad de frecuencia $\text{INFD} = 1$

Si $\text{INFD}_{\text{CALCULADO}} > 5$ entonces $\text{INFD} = 5$

Sino $\text{INFD} = \text{INFD}_{\text{CALCULADO}} = 5$

- d. IDFD: Factor de mejoramiento de la señal cuando hay diversidad de frecuencia y ocurre un desvanecimiento plano.

Si no hay diversidad de frecuencia $\text{IDFD} = 1$, sino $\text{IDFD} = 25$

$\text{IDFD} = 25$

- e. PN con FD: Cálculo de probabilidad del tiempo fuera de servicio debido al desvanecimiento plano

$$\text{PN}_{\text{FD}} = \text{PN} / \text{INFD} \dots \dots \dots (3.17)$$

$$\text{PN}_{\text{FD}} = 0.001241339838 \% / 5$$

$$\text{PN}_{\text{FD}} = 0.000248268 \%$$

- f. PD con FD: Cálculo de probabilidad del tiempo fuera de servicio debido al desvanecimiento dispersivo

$$\text{PD}_{\text{FD}} = \text{PD} / \text{IDFD} \dots \dots \dots (3.18)$$

$$\text{PD}_{\text{FD}} = 0.00170757091 \% / 25$$

$$\text{PD}_{\text{FD}} = 0.0000683028364\%$$

- g. Tiempo fuera de servicio con diversidad de frecuencia

$$\text{T}_{\text{OFD}} = \text{PN}_{\text{FD}} + \text{PD}_{\text{FD}} \dots \dots \dots (3.19)$$

$$\text{T}_{\text{OFD}} = 0.000248268 + 0.0000683028364 = 0.000316570804 \%$$

- vi. A continuación se calcula el tiempo de servicio cuando se implementa la diversidad de espacio**

- a. $\text{INSD}_{\text{CALCULADO}}$: Factor de mejoramiento cuando se implementa diversidad de espacio y ocurre un desvanecimiento plano

$$\text{INSD}_{\text{CALCULADO}} = S^2 \cdot \frac{f}{d} \cdot 10^{(\text{FFM}-V)/10} \cdot (1.2) \cdot 10^{-3} \dots \dots \dots (3.20)$$

Donde, S: Separación entre antenas,

$$S = \frac{c}{f} \times n; \quad n = 200 \dots \dots \dots (3.21)$$

V: Diferencia de ganancia entre la antena principal y la antena de diversidad. Para nuestro caso será cero.

$$\text{INSD}_{\text{CALCULADO}} = (8.9)^2 \cdot \frac{6.770}{70.97} \cdot 10^{(43.11)/10} \cdot (1.2) \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots(3.22)$$

$$\text{INSD}_{\text{CALCULADO}} = 185.56$$

b. INSD: Factor de mejoramiento máximo

Si $\text{INSD}_{\text{CALCULADO}} > 200$ entonces $\text{INSD} = 200$

Sino $\text{INSD} = \text{INSD}_{\text{CALCULADO}}$

$$\text{INSD} = 185.56$$

c. PN con SD + FD: Tiempo fuera de servicio cuando ocurre un desvanecimiento plano y están implementadas la diversidad de frecuencia y la diversidad de espacio.

$$\text{PN}_{\text{SD+FD}} = \text{PN}_{\text{FD}} / \text{INSD} \dots\dots\dots(3.23)$$

$$\text{PN}_{\text{SD+FD}} = 0.000248268 \% / 185.56$$

$$\text{PN}_{\text{SD+FD}} = 0.00000133794 \%$$

d. Factor de reducción debido a la inclinación del terreno, tomamos el valor de diversidad, para lo cual el valor es

$$F_r = 0.025$$

e. PD con SD + FD: Tiempo fuera de servicio cuando ocurre un desvanecimiento dispersivo y están implementadas la diversidad de frecuencia y la diversidad de espacio

$$\text{PD}_{\text{SD+FD}} = \frac{F_r \cdot \text{PD}_{\text{FD}} \cdot S_r^2 \cdot \text{TAU}^2 \cdot 6K1}{1000^2} \dots\dots\dots(3.24)$$

$$\text{PD}_{\text{SD+FD}} = 0.0 \%$$

f. Tiempo fuera de servicio con diversidad de espacio y frecuencia

$$T_{\text{OSD+FD}} = \text{PN}_{\text{SD+FD}} + \text{PD}_{\text{SD+FD}} \dots\dots\dots(3.25)$$

$$T_{\text{OSD+FD}} = 0.00000133794 + 0 = 0.00000133794 \%$$

g. Valor Objetivo : Según la norma G. 826: V_o

$$V_o = 0.004 \%$$

h. Margen del Sistema: Es el margen que se obtiene de la diferencia entre el valor estadístico de tiempo de indisponibilidad calculado sobre el objetivo. Normalmente este valor debe ser mayor de 6 dB para aceptar el cálculo.

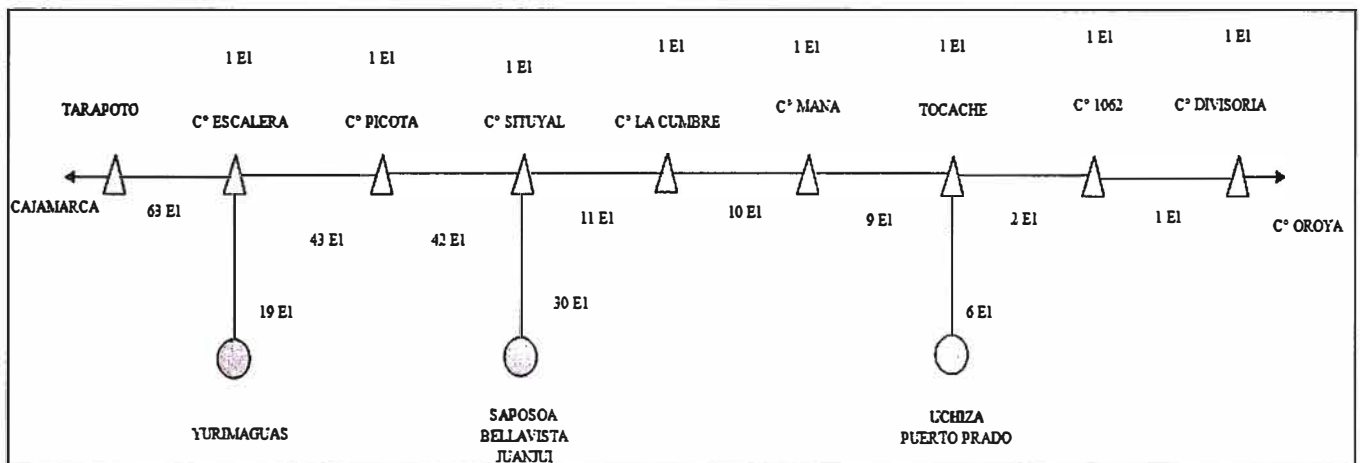
$$\text{Me} = 10 \text{ Log} \frac{V_o}{T_{\text{OSD+FD}}} \dots\dots\dots(3.26)$$

$$\text{Me} = 10 \text{ Log} \frac{0.004}{0.00000133794} = 34.76 \text{ dB} \dots\dots\dots(3.27)$$

3.6.-Plan de canalización del sistema

Es la distribución del tráfico en cada una de las rutas de la red y la manera como se distribuyen los E1 a lo largo de la ruta, se tendrá en cuenta el tráfico de la zona ya sea en los tramos de radios PDH como en los de enlaces satelitales, además también tomaremos en cuenta la proyección de la zona a crecer que se vio en el capítulo 2, asimismo se tendrán en cuenta los clientes potenciales en cada zona para poder realizar un a mejor proyección. También debemos saber que el enrutamiento de los E1 se podría realizar por Tarapoto ó por C. Divisoria.

Debemos proyectarnos para que todas las estaciones en estudio se puedan utilizar en el futuro como estaciones bases, ya que esta ha sido la tendencia en los últimos años. Para este proyecto vamos a suponer que todo el tráfico saldrá por Tarapoto.



Fuente: TdP

Figura 3.2 Plan de Canalización para el Tramo Tarapoto – C. Divisoria

3.7.-Especificaciones técnicas del equipamiento de radio SDH

Esta sección presenta las características que debe cumplir el equipo para el sistema de radioenlaces por microondas SDH con las capacidades y frecuencias de operación indicadas expresamente.

Los sistemas y subsistemas descritos, así como todas y cada una de las características, configuraciones y metodologías indicadas en ella, se han tenido en cuenta las Recomendaciones UIT-T G.707 a G709 (recomendaciones que se encargan de definir la Jerarquía Digital Síncrona) para jerarquías SDH como también las recomendaciones G.781 a G.784 (funcionamiento de los multiplexores síncronos y la gestión de red SDH), G.957 a G.958 (interface óptica para equipos y sistemas basados en SDH), G.821 (define parámetros y objetivos de las características de error para conexiones digitales que funcionen por debajo

de la velocidad primaria de jerarquía digital), G.826 (surge de la necesidad de recomendación que tratase de los parámetros y objetivos de características de error para velocidades binarias más altas).

Recomendaciones UIT-R P.530-7 a P.530-11 (datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrestres con visibilidad directa), así como diferentes normas y proyectos de norma ETSI vigentes y aplicables en el momento de confeccionar esta especificación.

a) Generalidades

➤ Capacidades

En concreto los sistemas de radio enlaces cubiertos por esta especificación son los NxSTM-1. Se entiende por "N" el número de tramas que el sistema es capaz de transportar por transceptor (1xSTM-n, 2xSTM-n, etc.).

Para los casos en los que sea posible la transmisión de más de una trama STM-1 por radiocanal, se indicará si esta función se obtiene por la utilización de XPIC ó CCDP (Cross Polarization Interference Canceller ó Co-Channel Dual-Polarization) o mediante el empleo de sistemas de modulación más complejos.

Se valorará la posibilidad de ofrecer adicionalmente una capacidad SUB-STM-1

Se valorará que se pueda llegar hasta capacidades de 16STM-1 por bastidor.

➤ Secciones de Multiplexación y de Regeneración

En cuanto a las cabeceras de sección, los sistemas de radio SDH, al igual que otros elementos de red síncrona, transportarán y utilizarán las funciones TS apropiadas de acuerdo con la Rec. G.708, de forma que dichos sistemas puedan ser completamente integrados en una red de transmisión gestionada.

En los sistemas STM-1, las reglas de acceso a los octetos de dichas cabeceras serán las que se indican en las Recomendaciones UIT-T G.708 y UIT-R F.750, esto se aplicará por STM-1 en cada enlace.

Los sistemas de radio enlaces pueden necesitar una capacidad de transmisión extra entre interfaces nodo de red para la realización de una serie de funciones radioeléctricas específicas (funciones específicas del medio). La Recomendación G.708 permite, en el formato STM-1, un total de 6 octetos para usos específicos del medio. Estos octetos serán utilizados por los sistemas de radio enlaces SDH para las siguientes funciones:

- Activación del conmutador de protección radioeléctrica del tipo "early warning" (caso de protección radio N+1).

- Control automático de la potencia del transmisor (ATPC).
- Información y control de la conmutación de protección radioeléctrica.
- Supervisión de la propagación.
- Tráfico auxiliar.
- Funciones de mantenimiento y supervisión.
- Para los sistemas de radioenlaces, los octetos están comprendidos entre las filas 1-3 de la TS (Tara de Sección SOH) y se denominan: S(2,2,1), S(2,3,1), S(2,5,1), S(3,2,1), S(3,3,1) y S(3,5,1).
- De estos seis octetos, sólo los localizados en las posiciones S(2,2,1), S(2,3,1), S(3,2,1) podrán ser usados, para funciones específicas, por los sistemas de radioenlace SDH que la Empresa incorpore a su planta.

b) Bandas de Frecuencias

Los enlaces podrán ser ofertados en cualquiera de las siguientes bandas de frecuencia, según las recomendaciones UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones):

- Banda de 4 GHz: Rec. 635-2
- Banda de 5 GHz: Rec. 1099
- Banda de 6 GHz: Rec. 383-5, Rec. 384-5, Rec. 384-7

c) Canalizaciones RF

Las frecuencias de las portadoras deberán corresponder a la recomendación pertinente del ITU-R (Unión Internacional de Telecomunicaciones – Radiocomunicaciones) ó FCC (Comisión Federal de Comunicaciones), tanto para la banda como para la capacidad del equipo. Las recomendaciones del ITU-R ó FCC serán las vigentes durante el período de adquisición.

d) Equipo de Radio/Modularidad

➤ Montaje Indoor

El sistema deberá estar compuesto por una unidad interna y sistema irradiante (antena) externa interconectadas por guías de onda. Deberán permitir configuraciones 1+0, 1+1 hot standby y N+1 para una topología de red en anillo y punto a punto.

La remoción y/o reinstalación de cualquier sub-bastidor o unidad deberá ser posible de ejecución sin que haya necesidad de corte de alimentación de energía al equipamiento, salvo aquellas partes integrantes vitales y comunes al sistema.

No deberán producirse daños cuando fueran insertadas unidades en posiciones erradas. Todo bastidor, sub-bastidor, equipamiento o unidad deberá poseer sus respectivos códigos,

números de serie o datos de identificación grabados en forma indeleble, asegurando que cada tipo de ítem sea fácilmente identificado.

El sistema deberá poseer la opción de ser equipado, no limitado a estos, con diversidad de espacio, FEC, XPIC ó CCDP; es requerido que todos los equipos posean ATPC. Se deberá describir ampliamente los procedimientos necesarios para convertir a un radio sencillo con cualquiera de las funcionalidades mencionadas anteriormente.

El sistema deberá ser provisto con todos los ítems necesarios para la realización de expansiones sin necesidad de interrupción de los canales en operación.

e) Indicaciones de Falla del Sistema

Se indicarán las características en cuanto a la presentación, extensión y atención de alarmas.

La categoría asignada a las diferentes alarmas deberá ser programable, tanto en instalación como durante la operación del sistema y sin producir alteraciones en el servicio.

Se deberá tener una interfaz de acceso local (por ejemplo un Craft² Terminal). Se deberá poder inhibir cualquier señal indicativa ó alarma que presente el equipo.

Los sistemas deberán proporcionar al menos cuatro pines de conexión para inserción de alarmas externas (un pin correspondiente a cada alarma). Como respuesta a la aparición de tierras en los mismos, los equipos deberán proporcionar al exterior, vía interfaz del craft terminal (interfaz serie) e interfaz de gestión centralizada.

La información indicativa de que se han producido las correspondientes alarmas externas al sistema en algún nodo del mismo. Asimismo, deberán generar las oportunas indicaciones y extensiones de alarma (urgente/no urgente), en caso de que se las haya asignado esa categoría.

Los sistemas deberán disponer de varias salidas de telecomandos por los que aparecerá una tierra como resultado de comandos enviados desde la interfaz local de operación.

f) Características Eléctricas y Mecánicas

➤ Características de Alimentación:

Tensión de -48 VDC +/-20%. Se indicará si existen opciones de alimentación desde 19VDC y hasta 72VDC; la Empresa proporcionará dos tomas únicas de alimentación de DC por bastidor. Cuando se necesite más de 2 tomas, se deberá suministrar un distribuidor de energía, instalado dentro del mismo bastidor, equipado con sus respectivos breakers. Operarán en paralelo y cada alimentador estará en condiciones de alimentar el sub-bastidor

² Craft Terminal: Interface de acceso local

completamente equipado, lo indicado no será aplicable si el equipo posee un convertor de alimentación en las propias placas (alimentación "on board")

- Protección contra sobretensiones o baja tensión en la entrada de alimentación.
- Protección contra sobrecargas de tensión o corriente en las salidas del alimentador.
- Protección contra inversión de polaridad en la entrada de alimentación.
- Indicación luminosa del correcto funcionamiento del convertor de alimentación.
- Los márgenes de tolerancia serán los indicados en el ETS 300132(sobre fuentes de alimentación de equipos de telecomunicaciones que operan con tensión continua)
- Se valorará la protección contra cortocircuitos de las fuentes de alimentación.
- La alimentación del bastidor podrá ser o no centralizada.
- En cuanto al consumo, es de especial importancia que sea el menor posible, indicando el consumo en W de los equipos para cada configuración que se señala en el archivo de Especificaciones técnicas.XLS incluidos en este documento.

➤ **Requisitos mecánicos**

La unidad de interior podrá estar alojada en bastidores ETSI o de 19 pulgadas.

En el primer caso los equipos deberán instalarse en bastidor de 600 mm que sean conformes, en cuanto a sus dimensiones, color, peso, resistencia mecánica y fijación, a la especificación del ETSI ETS 300 119-1 a 4.

g) Descripción del sistema

➤ **Tributarios**

Las interfaces que ofrecerán los sistemas de radio enlaces síncronos serán:

- Señales STM-1 a 155 Mbps, deberán cumplir la Rec. UIT-R 750 y podrán ser de dos tipos, según se requiera para cada aplicación, pudiendo convivir ambas en un mismo equipo (por ejemplo, una estación terminal interfaz eléctrica y la otra estación terminal óptica S1.1 o L1.1)
- Interfaces PDH E1, la interfaz física requerida deberá permitir el soporte de E1 (2.048 Mbits) la cuales deberán cumplir con lo establecido en la norma ITU-T G.703. Las interfaces E1 deberán ser de 75 Ohm o 120 Ohm de impedancia.

Las interfaces físicas requeridas deberán permitir el soporte de 10/100 BaseT, Giga Ethernet 1000Base-SX, 1000Base-LH y 1000Base-ZX basada sobre el estándar IEEE 802.3. El mapeo de los paquetes sobre la red SDH debe estar acorde a los estándares ITU-T G.707, Y.1322 y soportar los protocolos LCAS, GFP y LAPS.

Se deberá indicar los esquemas de granularidad de contenedores virtuales y del transporte concatenado de los VC. Se deberá describir el soporte de los protocolos de VLAN Tagging 802.3q, CoS priority 802.1p, link Aggregation 802.3ad y MPLS Label Switching.

➤ **Servicios y capacidades auxiliares**

- **Canales order-wire.** Permitirán el acceso a los circuitos de comunicación que viajan por los bytes E1 y E2 en cualquier terminal de un enlace radioeléctrico síncrono que forme una sección de multiplexación, o sólo al octeto E1 en caso de una estación terminal de un enlace que forme una sección de regeneración, o de una estación repetidora.
- **Canales de datos de usuario.** Deberá poderse acceder al menos a un canal de datos G.703 codireccional a 64 Kbps entre cada sección de multiplexación. Deberá poderse acceder a los bytes F2 correspondientes a los VC-4 que se terminan en los equipos.
- **Interfase de servicios de línea.** El equipamiento deberá estar equipado con una interfase de servicios de línea (conocida generalmente como WaySide) que será utilizada para administrar los canales de servicios y tener accesibilidad fuera de los bytes del SOH.

➤ **Reuso de frecuencia y niveles de modulación**

Para un eficiente uso del espectro radioeléctrico, acompañado con una buena explotación de las capacidades inherentes al sistema ofertado, se requiere de técnicas de reuso de frecuencias y métodos de modulación adecuados que garanticen lo anteriormente expuesto. Se deberá describir los mecanismos que posee el equipo propuesto, para permitir el uso de frecuencias adyacentes en mismas estaciones para la transmisión de N canales. Así como también, el soporte de técnicas como XPIC ó CCDP.

Se esperan opciones tales como 32 QAM, 64 QAM, 128 QAM u otras que optimicen la capacidad de los sistemas. Los espaciamientos de canal típicos pueden ser 28, 29, 30, 40 ó 56MHz. El fabricante indicará la técnica de modulación elegida para asegurar la eficiencia espectral requerida para el modo de operación y canalización indicadas en el ítem correspondiente.

Así mismo, facilitará una descripción detallada del formato de modulación-codificación elegido, indicando las razones que lo determinan.

Soporte de técnica XPIC: deberá describir ampliamente los mecanismos de funcionamiento de XPIC del radio, incluyendo la filosofía de protecciones o conmutación del radio y mejora de performance por XPIC.

➤ **Características de calidad**

- **Objetivos de características de error.** Teniendo en cuenta que los sistemas de radio enlace síncronos ofertados asegurarán el cumplimiento de las recomendaciones de calidad de la UIT-R F.1092 (porción internacionales de red) y F.1189 (porción nacional de red) (ambas recomendaciones se basan en la G.826 elaborada por la ITU-T), se indicaran los objetivos de calidad de cada sistema ofertado.
- **MTBF(Mean Time Between Failures).** Se dejará claramente indicado el MTBF (Promedio de tiempo de fallos del sistema) de los distintos módulos componentes del sistema y por equipo, (la suma de los MTBF de todos los componentes que conforman un sistema no debe ser menor a 35000 horas).

➤ **Alarmas locales**

El sistema ofertado será capaz de monitorear y realizar una gestión que permita realizar, entre otras, las siguientes operaciones:

- Chequeo general de alarmas (indicación de status)
- Mediciones analógicas (potencia de Tx y Rx)
- Despliegue del status de las unidades de conmutación
- Medición de BER y performance de acuerdo a lo indicado en la Recomendación G.826.

➤ **Alarmas remotas**

El sistema estará provisto de interfaces de jerarquía superior TMN, Qx, EOC las que se conectarán a alguno de estas plataformas, o bien, inicialmente a una terminal PC respectivamente. A través de la última alternativa antes expuesta, es posible el monitoreo desde una estación terminal del status de sus alarmas remotas siendo posible el control sobre algunos elementos.

El sistema de radio deberá tener la posibilidad de realizar loop en banda base y conmutación en el lado remoto.

h) Protecciones y redundancias de servicios.

La conmutación deberá producirse por alguna de las siguientes causas:

- Pérdida de alineación de trama en el receptor, alto nivel de TEB (Tasa de errores de bit). (TEB>N1), falta de datos, early warning

- Posibilidad de selección manual de uno de los dos haces.
- La conmutación deberá ser del tipo "HITLESS" (sin pérdida de bits).

El equipo de radio debe tener protección de tributarios, es decir debe poseer tarjetas de tributarios redundantes para cada STM-1 que el radio tenga que transportar en sus canales principales, basándose en APS o EPS para las configuraciones de MS o N+1.

El sistema de radioenlace debe tener una función de pre-alarma de conmutación para protección del radio ("early warning switching"). Es deseable que los niveles programables de estas pre-alarmas sean los más bajos posibles, tales como 10^{-8} o 10^{-12} .

El radioenlace debe tener un canal "Wayside Traffic" protegido (1+1) de 2 Mbps con interfase G.703; este tráfico deberá insertarse en los bytes disponibles en el encabezado del SOH (STM-1).

El sistema debe permitir la utilización de los canales de protección para transmitir tráfico de datos no prioritarios. El sistema debe soportar redundancia por Diversidad de espacio, por diversidad de frecuencia y por hardware.

➤ **Interfaces externas que el sistema debe proveer**

➤ **Interfaces de gestión de redes**

- Interfaz Q
- Interfaz plataforma TMN
- Interfaz plataforma EOC
- Interfaz Ethernet 10BaseT/100BaseT
- Interfaz F (para administración local a través de RS 232)
- Interfaz ECC: Canal de control propio

➤ **Interfaces para Bytes de Overhead**

- Interfaz a 64 Kbps
- Interfaz a 2 Mbps
- Interfaz V.11

➤ **Interfaz analógica de voz**

El equipo permitirá que un operador dotado de microteléfono de teclado acceda al byte E1 o al byte E2.

➤ **Interfase de exteriorización de alarmas**

Deberán poseer como mínimo exteriorización de alarmas urgente, no urgente y servicio a través de contactos secos (que soporten tensiones hasta 60 VCC y corrientes de hasta 50 mA) normalmente abierto y cerrado en condición de alarma.

3.7.1.-Sistema Irradiante, cableados, accesorios y distribuidores

a) Antenas

El sistema irradiante estará constituido por antena parabólica de doble polarización High Performance o de mejor performance para todos los enlaces.

Se incluirá la estructura de sujeción a la torre (soportes); se debe proporcionar el diagrama de radiación de la antena, indicando claramente la ganancia máxima, frecuencia central, respuestas de frecuencia de la antena, ancho de banda (en grados).

Para aquellos modelos de antenas con posibilidad de agregar radome (cobertor de antena), se indicarán claramente las características mecánicas y eléctricas (atenuación, influencia en los valores de ROE ó Razón de Onda Estacionaria, etc.) de estos últimos.

Serán de 2 tipos:

- Flexibles
- Moldeados.

Para el caso de los flexibles existirá la opción de ser pre-tensionados.

Se deberá instalar brazos para las antenas en la siguiente configuración:

- Antenas 1.2 m, 1.8 m y 2.0 m: un brazo.
- Antenas 2.0 m y 2.4 m: dos brazos.
- Antenas de 3.0 m en adelante: tres brazos

Debemos indicar las condiciones de operación y mantenimiento de los acabados en ambientes altamente salinos del sistema de antena y montaje. Se deben indicar todas las características mecánicas del sistema de antena:

- Peso
- Velocidad máxima del viento, para lo cual se garantizan las estructuras mecánicas del sistema de antena.
- Máximos ángulos zenitales.
- Indicar si es posible invertir el sistema para obtener mayor cobertura angular o en su defecto montaje adicional para ello.
- Máxima deflexión azimutal permitida para el haz de microonda.
- Tipo de soporte de antenas requerido.
- Referirse a todo lo aplicable de los puntos anteriores para el caso de trípodes.
- La antena debe disponer de ajuste fino y ajuste grueso.

- XPD: Para los sistemas que se requiera el uso de doble polarización para un mismo radio canal se deben utilizar antenas que tengan un XPD de 40 dB \pm 5% o superior.

b) Cables, accesorios, alimentador y conectores

Las guías de onda deberán ser del tipo Premium. Se deberá procurar concordancia en las interfaces eléctricas y mecánicas del sistema de alimentador, equipos y antenas. Se deberá indicar el tipo de conector utilizado.

Se deberá incluir en la propuesta los presurizadores, guías de onda elípticas y accesorios requeridos en cada estación. Los presurizadores deberán ser del tipo adosado a la pared.

3.7.2.-Condiciones climáticas de funcionamiento.

El sistema deberá funcionar cumpliendo especificaciones y sin sufrir alteración en su vida útil en las condiciones climáticas, biológicas, mecánicas, de presencia de sustancias químicas activas y de presencia de sustancias mecánicas activas recomendadas por la ETS 300-019, según las características del emplazamiento en que se ubiquen los equipos.

Las condiciones climáticas de funcionamiento de estas unidades serán las especificadas en la norma ETSI ETS 300 019 Parte 1-3 Clase 3.1.

Para una humedad relativa del aire fijada en 30 %, la unidad de interior deberá cumplir las siguientes condiciones:

- Funcionamiento correcto : 5° C a 40° C
- Funcionamiento degradado : -5° C a 5° C y 40° C a 45° C

3.7.3.-Compatibilidad electromagnética

Los equipos deberán cumplir los requisitos recogidos en la norma ETS 300 385 del ETSI. Para emisiones e inmunidad a campos electromagnéticos, el rango de frecuencias se extiende hasta 4 GHz.

3.7.4.-Gestión centralizada de los equipos a instalar

El crecimiento de las redes de comunicación modernas tanto en volumen como en complejidad presionan a los operadores a tener centros de gestión automatizados.

Este requerimiento ha sido soportado por un crecimiento en paralelo del software de gestión.

Estos centros de gestión favorecen la reducción de costos y la oportuna toma de decisiones. La recomendación M.3010 define el concepto de la red de gestión de telecomunicaciones (TMN). Aprovechando el modelo de información SDH, Las facilidades más importantes del sistema de gestión son las siguientes:

- Funciones de soporte a la gestión
- Gestión de transmisión
- Gestión de equipos
- Gestión de interconexión
- Supervisión de prestaciones.

En el ANEXO I se muestra un diagrama de la gestión de Tarapoto a C. Divisoria

3.8.-Características de las infraestructuras

3.8.1.-Torres

Las torres auto soportadas, son las estructuras más conocidas en el mercado de telecomunicaciones, su diseño obedece a que las mismas poseen amplias bases que las mantienen en pie, la fuerza se transmite a las patas, estas se hayan ancladas a poderosas bases fundadas a varios metros bajo el nivel del suelo.

Estas torres son de tipo piramidal con secciones triangulares generalmente establecidas de forma tronco-cónica, con tres y cuatro patas, construidas íntegramente en chapa, conformada en sus montantes y perfiles normalizados en diagonales, travesaños, cuadros, etc; en estas estructuras se adicionan escaleras para facilitar su ascenso, plataformas de descanso y ángulos que sirven como puntos de anclaje.

Se considera primordial el estudio de las variables atmosféricas o climáticas existentes en el lugar de montaje, el tipo de suelo, la carga máxima admitida y el lugar disponible para su infraestructura. En el ANEXO J se da detalles de la torre a instalarse.

3.8.2.-Sistema de tierra

a) Puesta a tierra de los sistemas eléctricos: El propósito de aterrizar los sistemas eléctricos es para limitar cualquier voltaje elevado que pueda resultar de los rayos, fenómenos de inducción o de contactos no intencionales con cables de voltajes más altos, se logra uniendo mediante un conductor apropiado a la corriente de falla a tierra total del sistema.

b) Puesta a tierra de los equipos eléctricos: Su propósito es eliminar los potenciales de toque que pudieran poner en peligro la vida y las propiedades y, para que operen las protecciones por sobre corriente de los equipos.

Se logra conectando al punto de conexión del sistema eléctrico con tierra, todas las partes metálicas que pueden llegar a energizarse, mediante un conductor apropiado a la corriente de corto circuito del propio sistema en el punto en cuestión.

c) Puesta a tierra en señales electrónicas: Su propósito es evitar la contaminación con señales en frecuencias diferentes a la deseada. Se logra mediante blindajes de todo tipo conectados a una referencia cero, que puede ser la tierra.

d) Puesta a tierra de protección electrónica: Su propósito es evitar la destrucción de los elementos semiconductores por voltaje, se colocan dispositivos de protección conectados entre los conductores activos y la referencia cero, que puede ser tierra.

e) Puesta a tierra de protección atmosférica: Sirve para canalizar la energía de los rayos a tierra sin mayores daños a personas y propiedades. Se logra instalando un dispositivo denominado pararrayos el cual se conecta a tierra.

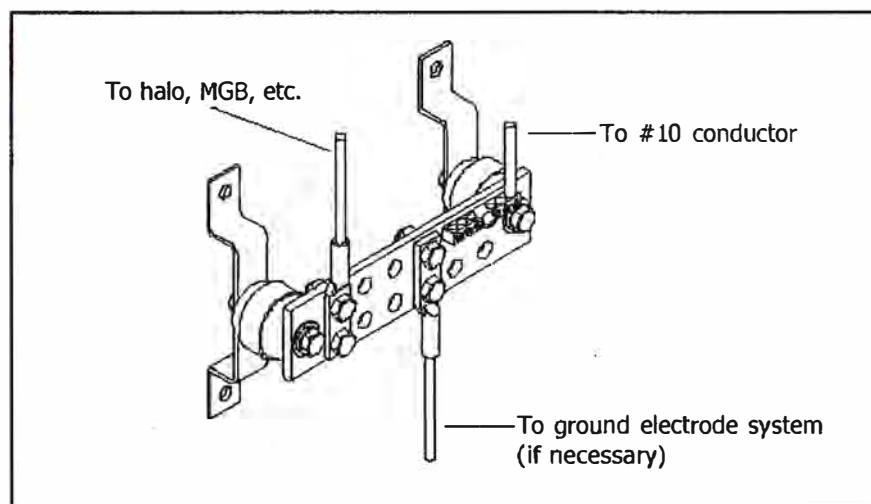
f) Puesta a tierra de protección electrostática: Sirve para neutralizar las cargas electrostáticas producidas en los materiales dieléctricos. Se logra uniendo todas las partes metálicas y dieléctricas a tierra.

Para poder realizar un pozo a tierra primero se deben verificar los siguientes factores determinantes del suelo (Porosidad, humedad, sales naturales disueltas, compactación y temperatura) este estudio del suelo lo hacemos mediante un equipo llamado telurómetro.

Cada equipo de instarse a un único punto de conexión a tierra ya que si no tendríamos diferencias de potenciales entre estos equipos y podrían ser dañinos para estos, asimismo con esto minimizamos los efectos de las perturbaciones eléctricas.

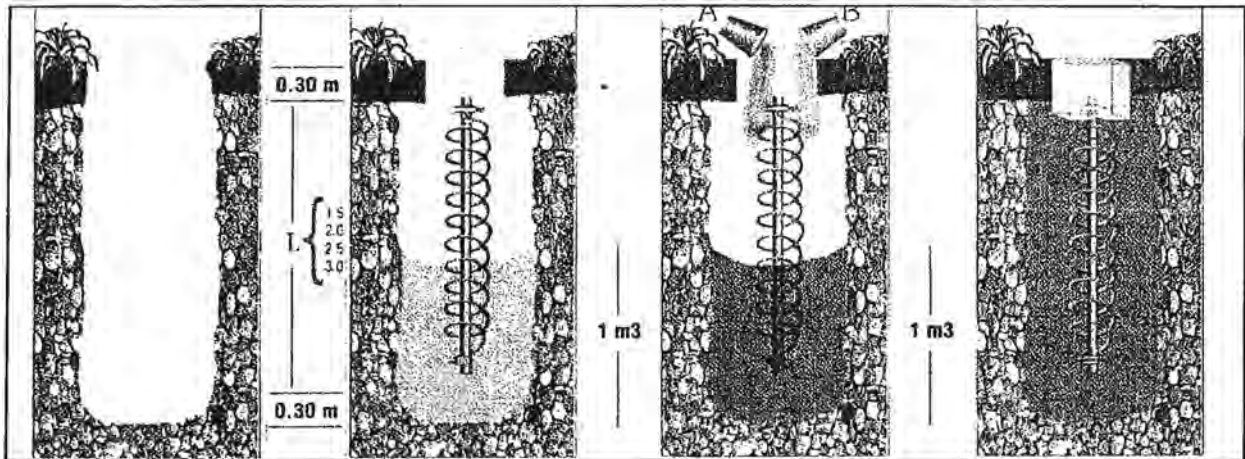
El valor de una puesta a tierra se recomienda que no pase los 5 ohmios.

En la figura 3.2 se muestra la barra de tierra principal que son usadas comúnmente en la sala de equipos, en las torres y en la figura 3.3 un pozo de tierra con jabalina y helicoidal.



Fuente: www.ute.com.uy

Figura 3.2 Montaje de una barra de tierra principal



Fuente: www.ute.com.uy

Figura 3.3 Pozo Vertical con Jabalina y Helicoidal

3.8.3.-Pararrayos

Se usan como protección del fenómeno natural denominado rayo. Comprende un dispositivo captor (terminal aéreo), las bajadas y un sistema de puesta a tierra.

Nosotros usaremos el convencional, conocido como Franklin (Varillas con puntas captoras). Algunas características

- Área de protección en forma de cono.
- Angulo de protección máximo de 60° , a una altura no mayor a 12m.
- Típico 45° de protección.
- Conforme se aumenta la altura, el ángulo disminuye, por ejemplo a 60m el ángulo es de 25° . Sirve para proteger áreas pequeñas.

También se debe tener en cuenta que las torres deben tener su luz de balizaje por seguridad, un tema importante es su conexión eléctrica, con frecuencias cables expuestos a la torre pueden generar arcos y cortocircuitos que ponen en peligro al personal técnico.

3.8.4.-Caseta

Lugar donde se instalan los equipos de comunicación, energía y otros, con los requerimientos necesarios para que estos funcionen en correctas condiciones, el lugar estará adecuado a nuestras necesidades actuales y futuras. En el ANEXO K se muestran los diagramas de las casetas.

3.8.5.-Sistema de alimentación

Describiremos el sistema de alimentación para el proyecto de comunicaciones por microondas SDH. Usaremos de 2 tipos: El primero se compone principalmente del equipo de alimentación de DC derivado de la energía de la red de AC y con respaldo de grupo

electrógeno diesel de reserva simple. El segundo se compone de un sistema de energía solar

A.-Descripción del sistema

➤ Equipo de alimentación de DC y grupo electrógeno 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 electrógeno diesel de reserva simple y luego suministra energía DC al equipo de comunicación, mientras hace simultáneamente la carga en flotación del banco de baterías
- 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 batería
- Simultáneamente, el motor generador de reserva arranca automáticamente y suministra energía desde la salida del generador al cargador de batería, luego el cargador de batería opera nuevamente en carga de flotación. En el ANEXO L se muestra este sistema.

➤ Equipo de alimentación de DC por sistema de energía solar

- Durante la claridad del sol, el conjunto de módulos solar convierte de luz a fuerza DC que es suministrada a carga mientras está cargando a las baterías.
- Cuando un nivel de carga llega al valor impedido, un circuito de protección de sobrecarga opera para proteger la batería contra la sobrecarga.
- Si la célula solar no produce fuerza suficiente por causa de la baja luz del sol, la batería mantiene corriente a la carga. La batería debe suministrar corriente con autonomía de 10 días sobre la condición especificada.
- Si la batería mantiene carga con larga duración y sus voltajes bajara de un nivel precolocado, la batería se desconecta automáticamente de la carga. Esta función se provee para prevenir la batería de sobrecarga.

En el ANEXO M se muestra este sistema.

B.-Capacidades de los equipos y descripción

• Equipo de alimentación de DC

El equipo de energía DC consta del cargador de baterías y un banco de batería de acumuladores, está diseñado para suministrar energía DC al equipo de transmisión en el modo de carga de flotación o de compensación, su rendimiento de energía DC (voltaje nominal) es de -48VDC

Baterías de acumuladores: Las baterías de acumuladores de la configuración de un banco tendrán capacidad suficiente para suministrar energía DC a los equipos de comunicaciones por doce horas a temperatura ambiente de 25 °C.

Tipo (plomo – ácido, tipo ventilado), tiempo de autonomía (12 Horas a 25°C), número de células (24 células conectadas en serie), expectativa de vida (20 años a 20 °C en condiciones de carga de flotación).

$$C_b > [I_{es} \times K] \dots\dots\dots(3.28),$$

Donde:

C_b (AH) : Capacidad seleccionada de amperios hora a 25 °C

I_{es} (A) : Consumo de energía

K : Factor K determinado por el fin de voltaje de descarga y autonomía provista=12 (1.8 V / célula para 12 horas)

Cargador de batería: El cargador de batería consta de una configuración N+1 con característica idéntica y N conjunto de unidades rectificadoras, teniendo suficiente energía DC para suministrar a los equipos de comunicaciones, mas corriente de recarga de 20 horas para las baterías. Régimen (continuo), enfriamiento (convección de aire natural), carga (carga de voltaje constante con características de reducción), voltaje de carga de flotación (-51.6 V), compensación (-57.6 V), regulación (dentro de $\pm 2\%$ en estado constante durante variación simultanea en entrada de AC de +10%,-20%, frecuencia de $\pm 5\%$ de carga a la plena carga).

$$P_m = [57.6 \text{ V} \times I_n] / 0.8 \dots\dots\dots(3.29),$$

Donde:

P_m (KW) : Entrada del cargador

57.6 (V) : Compensación del voltaje de carga

I_n : Corriente de salida disminuida del rectificador por el limitador de corriente.

0.8 : Rendimiento de eficiencia por la corriente de salida disminuida del rectificador.

- **Grupo electrógeno diesel de reserva simple**

La capacidad de salida nominal del motor generador es neta continua en KW, basado en la temperatura normal de 27 °C y condición de presión de 750.1 mmHg.

El motor generador tiene suficiente capacidad para suministrar energía AC al equipo de alimentación DC y cargas misceláneas de hasta 3 KVA. El grupo electrógeno diesel de

reserva simple actúa como reserva de la energía de la red de AC, en caso de falla de la red de AC en el modo de operación automática, el motor generador arranca automáticamente y la carga se transfiere de la misma forma a este.

El arranque, detección manual, la conexión y desconexión de carga manual del motor generador pueden ser llevados acabados por control manual, el interruptor de transferencia manual se provee para permitir el mantenimiento del disyuntor de circuito de energía de la red AC o disyuntor de circuito de salida del generador del panel de transferencia automática.

En este caso la carga se conecta directamente a la salida del generador, se provee también facilidad para conexión de un generador móvil.

Motor generador con panel de control montado 6800 (1 juego), panel de transferencia automática (1 juego), batería para arranque de motor (1 juego), tanque de combustible 600 Lts (1 juego), tanque de aceite lubricante 100 Lts (1 juego), disyuntor de circuito de línea principal (1 juego).

Energía de la Red de AC: fase (monofásica, bifilar), voltaje (220 V + 10 %, -20%, frecuencia (60 Hz ± 5 %).

Motor generador: fase (monofásica, bifilar), voltaje (dentro de 220 V ± 2% desde sin carga a carga plena en sitio en estado constante), frecuencia (dentro de 60 Hz + 3 % desde sin carga a carga plena en el sitio en estado constante), factor de potencia (0.8, retardo), enfriamiento de motor (enfriado por aire) y operación no atendida (hasta 750 horas)

$$P_{ge} = [P_m + 3] \times 1.25 \dots \dots \dots (3.30),$$

Donde:

P_m (KW) : Entrada del cargador

3 (KW) : Carga existente

1.25 : Factor requerido fuera de lo ordinario debido a la carga existente

- **Sistema de energía fotovoltaico**

El sistema fotovoltaico está compuesto principalmente de conjuntos de células fotovoltaicas, panel de control fotovoltaico y banco de baterías.

Conjunto de celdas fotovoltaico (CCF): El conjunto de celdas CCF son conectadas en paralelo para adquirir la capacidad requerida. Un conjunto de CCF consiste de cuatro módulos solares conectados en serie por el sistema de -48 voltios. Tipo del modulo (monocristal), potencia típica de pico (75W), potencia de voltaje de pico (17 V) y potencia de corriente de pico (4.45A).

Conjunto solar (cada conjunto consiste de cuatro módulos de 75 Wp)

$$SL (AH) = I_{es} \times PSH \dots\dots\dots(3.31)$$

$$BL (AH) = I_{es} \times (24h - PSH) \dots\dots\dots(3.32)$$

$$N_v = (SL+BL / n) \times 1.05 / (I \times PSH) \dots\dots\dots(3.33);$$

Donde:

N_v : Número de conjunto solar requerido conectado en paralelo

I_{es} (A): Consumo de corriente promedio de carga diaria

PSH: Hora de la luz solar de pico (4.8)

n : Eficiencia de la batería (=0.9)

I : Corriente de salida del conjunto solar por $100mW / cm^2$ (=4.45 A)

1.05: Factor de Seguridad

SL (AH): Energía suministrada por conjunto solar durante el día.

BL (AH): Energía suministrada baterías durante la noche.

Panel de Control Fotovoltaico: Este panel es utilizado para preveer una sobredescarga de baterías. En el sistema suministrado, el panel de control solar tiene la capacidad requerida por el sistema.

El panel de control fotovoltaico es de tipo interno y consiste principalmente de circuitos de control de sobrecarga, circuitos de alarma y circuitos de medición.

El panel de control fotovoltaico está equipado con lo siguiente: corriente de conjunto solar, voltaje de conjunto solar, corriente de carga, voltaje de carga y corriente de corto circuito de conjunto solar. Las siguientes indicaciones y alarmas son suministradas:

- Salida solar
- Operación del circuito de sobrecarga
- Carga de alto voltaje
- Carga de bajo voltaje
- Carga desconectada.

Baterías: El banco de baterías consiste de 24 células conectados en serie por el sistema de - 48 Voltios y es conectado en paralelo para la capacidad requerida.

El tiempo de autonomía es de 10 días en la potencia media de consumo a 25 °C. Tipo (célula de plomo-acido, tipo cerrado), tiempo de autonomía (10 días en 25°C), número de células (24 células conectadas en serie para -48V) y número de bancos (7 paralelos para sistema 9,900 Wp; 4 paralelos para sistema 5,100 Wp).

$$C_b = [I_{es} \times K] / 0.8 \dots\dots\dots(3.34),$$

Donde:

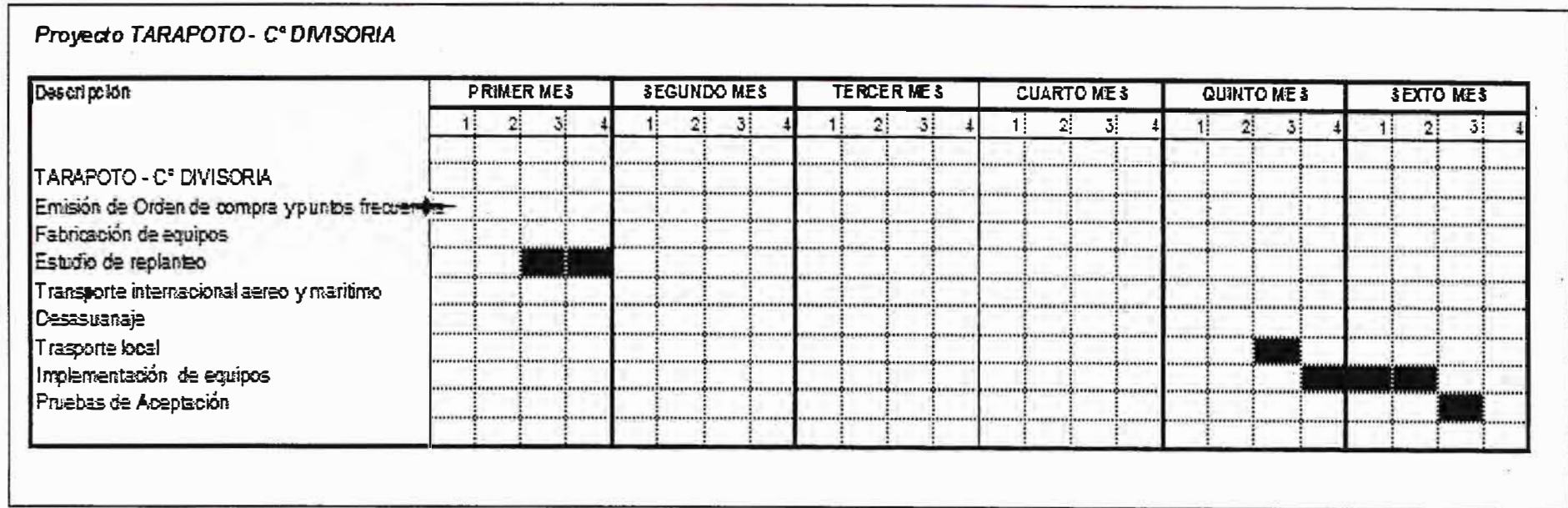
- Cb (AH) : Capacidad requerida
- Ies (A) : Consumo de energía (Promedio de corriente de carga diaria)
- K : Autonomía (horas) de 10 días.
- 0.8 : Factor de dimensionamiento

C.- Interface de Energía de la Red AC

La siguiente energía de la red AC deberá ser provista por la compañía de energía local, en los terminales de entrada de AC PDB donde se provee el grupo electrógeno de reserva simple. Fase (monofásica, bifilar), voltaje (220 V + 10 %, -20%), frecuencia (60 Hz \pm 5 %), capacidad (igual o mayor que la capacidad del motor generador instalado).

En el ANEXO N se muestra la red de energía eléctrica nacional. En el ANEXO O se muestra el consumo de radio SDH 5000 de NEC por estación, así como el equipamiento necesario en cada sitio.

3.9.- Programa de implementación



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.4 Proyecto Tarapoto – C Divisoria

Notas:

- Se asume que los paneles solares y baterías serán despachados por mar y aire y los otros materiales solo por aire y que los materiales estarán listos para el transporte interno a los sitios de instalación.
- Se asume que también que las pruebas de aceptación serán conducidas por la contratista con la participación de un representante de la empresa.

CAPITULO IV EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este Capítulo analizaremos los aspectos económicos del proyecto, evaluar el CAPEX (costo de inversión), así como el OPEX (costos de operación), haciendo un estudio de Inversión y factibilidad del proyecto.

4.1 CAPEX (CAPital EXpediture - costos de inversión)

Para el análisis del CAPEX (*CAPital EXpediture*), se considerarán los siguientes rubros:

a) Bienes importados, son todos los equipos electrónicos de alta tecnología que no se fabrican en el país

- Equipos y accesorios de radios digitales SDH, materiales de instalación y bastidores.
- Sistemas aéreos , guías de ondas y otros materiales de instalación

Es conveniente que la adquisición de los equipos sea hecha a través de un representante local del fabricante (para nuestro caso será NDC, NEC de Colombia) y este debe incluir los costos de transporte y seguro internacional, así como la homologación de los equipos. Nosotros hemos elegido NDC por la experiencia que se tiene en el Mercado, así como la garantía que hace a sus equipos, cuenta con equipos de Técnicos preparados para apoyar al operador en Cursos Técnicos.

b) Bienes locales, este rubro incluye todos los bienes que por su costo y disponibilidad convienen ser adquiridos en el mercado nacional, como son los materiales de instalación, regletas y conectores para el cableado de los sistemas, los gastos relativos a la infraestructura y energía, así como los materiales para la construcción de las estaciones, torres y soportes de antena.

- Servicios de instalación, son los costos relativos a los gastos de instalación de la red y el personal que la realizará.
- Implementación de infraestructura (obras civiles y torres)
- Instalación, pruebas y puesta en servicio de los equipos de telecomunicaciones (equipos de radio microondas, y multiplexores).

- Instalación, pruebas y puesta en servicio de sistemas de energía (AC/DC y fotovoltaicos)
- Transporte local de los equipos hasta los sitios de instalación (estaciones).

4.2 OPEX (OPerating EXpediture - Costos de operación y mantenimiento)

- Operación y mantenimiento, son los costos fijos necesarios para la operación y mantenimiento de la red a fin de garantizar una alta calidad de servicio a los clientes.
- Uso espectro de frecuencias, costos relativos al Canon que la empresa operadora deberá pagar al estado por el uso del espectro radioeléctrico.
- Gastos de energía, costos relativos de consumo de energía eléctrica y consumo de combustible para los motores generadores de energía.
- Costos de seguridad, costo relativo al personal de vigilancia, para la seguridad de las estaciones.

4.3 Cálculo del CAPEX

En la tabla 4.1 se detalla el costo Total, el tipo de cambio de la moneda de Dólares a Soles ante el continuo cambio de este valor sea tomado (1 Dólar = 3.2 Soles).

Los precios son referenciales determinados por diferentes fabricantes, los precios de los equipos de radio SDH 5000S y el sistema aéreo están incluido los costos de flete, seguro y del operador logístico (los gastos son aproximadamente el 12 % del total de los bienes).

Los materiales, equipos e infraestructura que tenemos disponibilidad en el mercado local, se hará la compra local de los mismos.

En el ANEXO P se mostrará el cálculo de CAPEX en forma detallada.

En el ANEXO Q se mostrara algunos datasheet de equipos como el ADM, los paneles solares y el Banco de baterías.

4.4 Cálculo del OPEX

En la tabla 4.3 se muestra los gastos, los valores de estos están en soles es de S/593,320 al cambio es \$/185,412.5.

Alquiler de uso del espectro: El costo es un valor porcentual de UIT que actualmente es S/3500 de aquí el 20 % del valor de la UIT es de S/700. En la tabla 4.2 se muestra el costo del alquiler del espectro.

Un salto de un STM-1 (1+0): cada radio tiene 2 frecuencias (Tx y Rx) en este caso al tener el equipo 1 radios será $1 \times (2 \times 700) = S/1400$. Un salto de un STM-1 (1+1): cada radio tiene 2 frecuencias (Tx y Rx) en este caso al tener dos equipos de radio será $2 \times (2 \times 700) = S/2800$

Tabla 4.1 CAPEX

| ITEM | DESCRIPCION | COSTOS | |
|------|-----------------------------------|---------------------|----------------------|
| | | US\$ | SOLES |
| 1 | RESUMEN EQUIPOS DE RADIO 5000S | 365,763.42 | 1'170,442.94 |
| 3 | RESUMEN SISTEMA AEREO | 281,415.65 | 900,530.07 |
| 4 | INSTALACION | 206,447.03 | 660,630.50 |
| 5 | TRANSPORTE LOCAL | 44,118.72 | 141,179.90 |
| 6 | BIENES LOCALES | 62,932.71 | 201,384.69 |
| 7 | GASTOS OTROS | 2'391,600.00 | 7'653,120.00 |
| | TOTAL GENERAL | 3'352,277.53 | 10'727,288.09 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.2 Costo de ancho de banda

| ITEM | ANCHO DE BANDA | PORCENTAJE DE UIT | CANON (S/.) |
|------|----------------|-------------------|-------------|
| 1 | Hasta 8 CH | 0.5% | 17.50 |
| 2 | Hasta 12 CH | 2% | 70.00 |
| 3 | Hasta 2 MB | 6 % | 280.00 |
| 4 | Hasta 8 MB | 12 % | 420.00 |
| 5 | Hasta 34 MB | 16 % | 560.00 |
| 6 | Mayor a 34 MB | 20 % | 700.00 |

Fuente: MTC

Tabla 4.3 OPEX

| | Descripción | Costo Mensual | Costo Anual | Cantidad | Total Anual |
|----------------------------|---|---------------|-------------|----------|----------------|
| 1 | Personal de mantenimiento | | | | |
| | Ingeniero de red (Tarapoto - Tocache) | 4500 | 63000 | 2 | 126000 |
| | Técnico supervisor de campo por estación | 2000 | 28000 | 3 | 84000 |
| | Personal de seguridad | 1000 | 14000 | 9 | 126000 |
| 2 | Materiales | | | | |
| | Alquiler de camioneta 4x4 doble (mantenimiento y combustible) | 4000 | 56000 | 3 | 168000 |
| | Instrumentos de medición | | 30000 | 1 | 30000 |
| | Accesorios y herramientas | | 15000 | 1 | 15000 |
| 3 | Costo de consumo de energía eléctrica (Tarapoto - Tocache=1.074 KW) | | | | |
| | Costo de consumo por KWH (asumimos es 0.5 soles) | 386.64 | 4639.68 | 1 | 4639.68 |
| 4 | Costo de consumo de combustible (asumimos diesel = 15 soles el galón) | | 15 | 1152 | 17280 |
| 5 | Canon de frecuencias (700 costo por canal y dirección) | | 700 | 32 | 22400 |
| TOTAL DE OPEX SOLES | | | | | 593,320 |

Fuente: Elaboración Propia

4.5 Calculo del retorno de la inversión

Como se mostró en el desarrollo anterior, la inversión total para el proyecto está alrededor de US \$ 3'537,690.03.

Este monto, para un proyecto de envergadura como el que se propone y habiendo analizado la importancia de su desarrollo, es aceptable considerando los beneficios que trae consigo. Cuando crezca la demanda de tráfico el gasto no será el mismo y se verá la ganancia a largo plazo.

Tendríamos que tener presente que con la instalación de la presente Red, podríamos desinstalar la Estación terrena de Tocache ahorrando un costo anual aproximado de S/252,000 (costo aproximado de Telefónica del Perú). En la tabla 4.4 se puede visualizar la capacidad de la estación terrena de Tocache y el costo del alquiler del espectro satelital.

Tabla 4.4 Capacidad y costo de alquiler del espectro Satelital

| Enlace | Capacidad (Mbps) |
|-------------------|-------------------------|
| Tocache Telefonía | 2 |
| Tocache Digired | 1 |
| Tocache Móviles 1 | 1.5 |
| Tocache Móviles 2 | 1 |
| EBC Puerto Prado | 1 |
| EBC Uchiza | 0.5 |
| Total | 7 |

| | |
|--------------------------------|---------------------|
| BW requerido para 7 Mbps (MHz) | 8.4 |
| Costo por MHz IS901 (USD) | \$2,500.00 |
| OPEX mensual Tocache (USD) | \$21,000.00 |
| OPEX ANUAL Tocache (USD) | \$252,000.00 |

Fuente: Elaboración Propia

Suponiendo que damos la misma cantidad de E1 que actualmente cuenta la red el cual es 52 E1 y el resto lo usamos como alquiler de E1 a otros operadores, serian 11 E1 que podríamos alquilar, el costo mensual de alquiler depende de la distancia, del proyecto, del número de E1, tomaremos el valor de S/4,000.00 dólares mensuales por E1, en 5 años el costo de 11 E1 sería 2, 640,000.00 (se tomara que en no más de 5 años debemos recuperar nuestra inversión).

Además no se está tomando en cuenta el ingreso mensual que da a la empresa los E1 con los cuales da servicios a sus clientes y si el tráfico aumenta lo único que necesitaríamos es más tarjetas STM-1

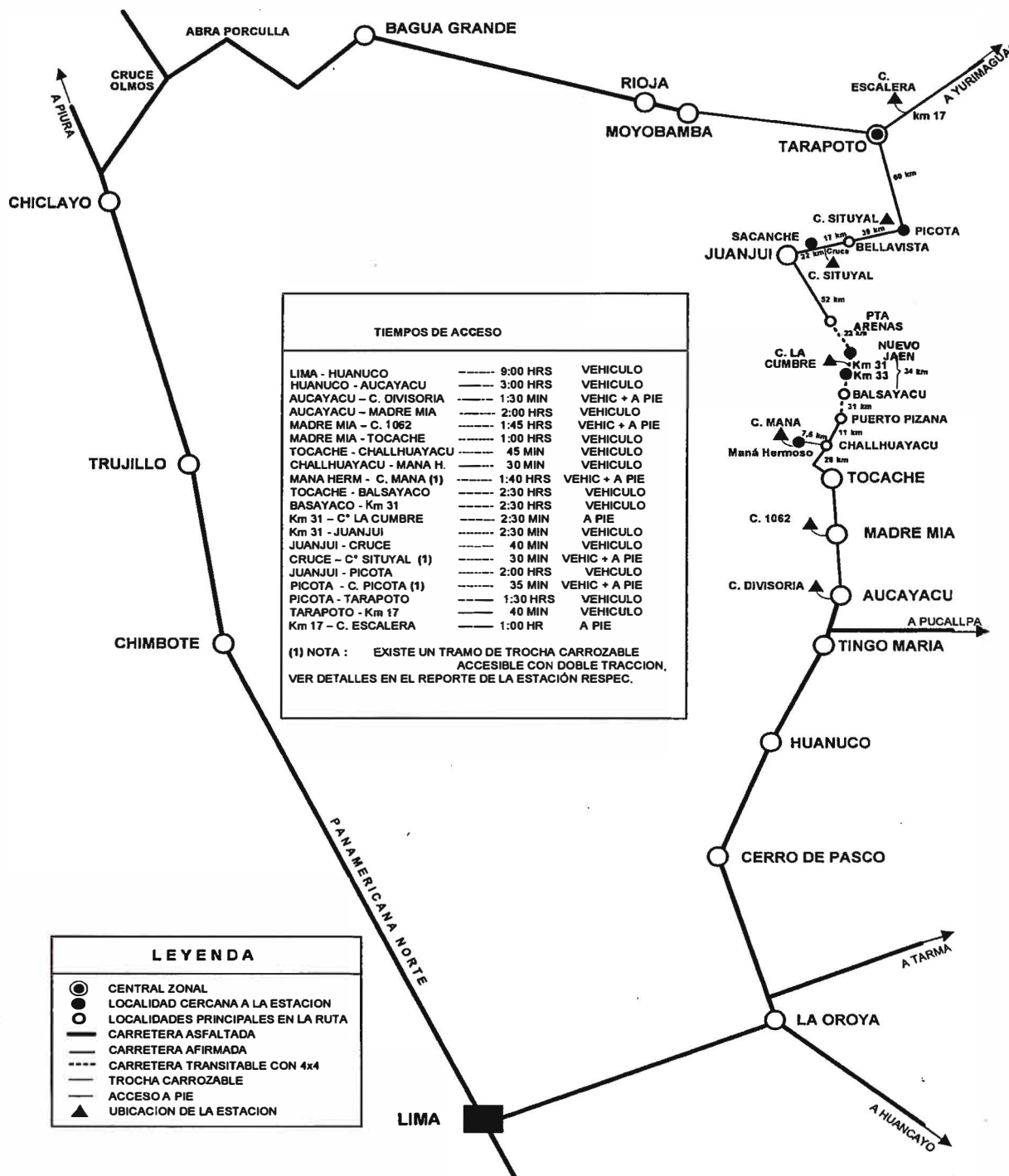
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Las radios microondas es la mejor solución para lugares Topográficamente accidentados, como es gran parte de nuestro Perú. Los sistemas de microondas son más baratos que el satélite, tiene un nivel de costo proporcional al número de repetidoras, los equipos son reutilizables, recuperación más rápida frente a los desastres naturales.
2. La limitación principal de la microondas es que requiere línea de vista, necesita que haya disponibilidad en el espectro y ancho de banda limitado con respecto a la fibra.
3. La tecnología SDH es un tecnología conocida, gracias a su fácil gestión, alarmística, aunque es muy costosa, la inversión se justifica con las facilidades y grandes beneficios que esta tecnología nos brinda.
4. Por medio de la presente tesina hemos querido proponer una alternativa viable para poder solucionar los problemas existentes en la red digital de transmisiones de zona en estudio para satisfacer el tráfico existente y futuro.
5. En cuanto a la ubicación geográfica de las estaciones se concluyó que nuestra alternativa es la mejor, debido a que en primer lugar, los lugares escogidos para la ubicación de las estaciones son todos sitios que ya cuentan con la infraestructura necesaria, a excepción de las estaciones de C. La Cumbre, C. Maná, C. 1062 que sin embargo presenta suficientes facilidades geográficas y climáticas para la creación de una estación en dicha zona.
Esta gran ventaja que presenta nuestra ruta traerá como consecuencia una alta reducción de costos, nuestra red puede funcionar por mucho tiempo aun cuando las necesidades de los usuarios crezcan.
6. Al finalizar el anillo de microondas servirá para el desarrollo de la región, así como para proteger el tráfico de la Nor Oriente de la selva de los desastres naturales , asi como los realizados por el hombre, al tener el anillo podremos enrutar el trafico como mejor nos convenga.
7. Se debe realizar el estudio de impacto ambiental.

8. Durante el desarrollo de la ingeniería del proyecto debemos tener en cuenta que ningún software será capaz de reemplazar un estudio de campo dado que este software usa una base de datos que aun no presenta la confiabilidad al 100%.
9. Antes de comenzar el proyecto analizar los riesgos y alcances del proyecto para que se realice con el costo y tiempo adecuado.
10. Los ingenieros y técnicos encargados deben realizar diversas labores y tener mucho cuidado durante la implementación de radioenlace, fijarse que los materiales sean de primera calidad, se debe realizar pruebas de VSWR (para la guía de onda), pruebas de BER de 24 horas, así como el correcto funcionamiento de los equipos.
11. Asimismo verificar el permiso de las licencias con el MTC, tener cuidado con instalar cerca de las estaciones de monitoreo del Ministerio y realizar el estudio de radiaciones no ionizantes.

ANEXO A
MAPA DE LOCALIZACION

MAPA DE LOCALIZACION

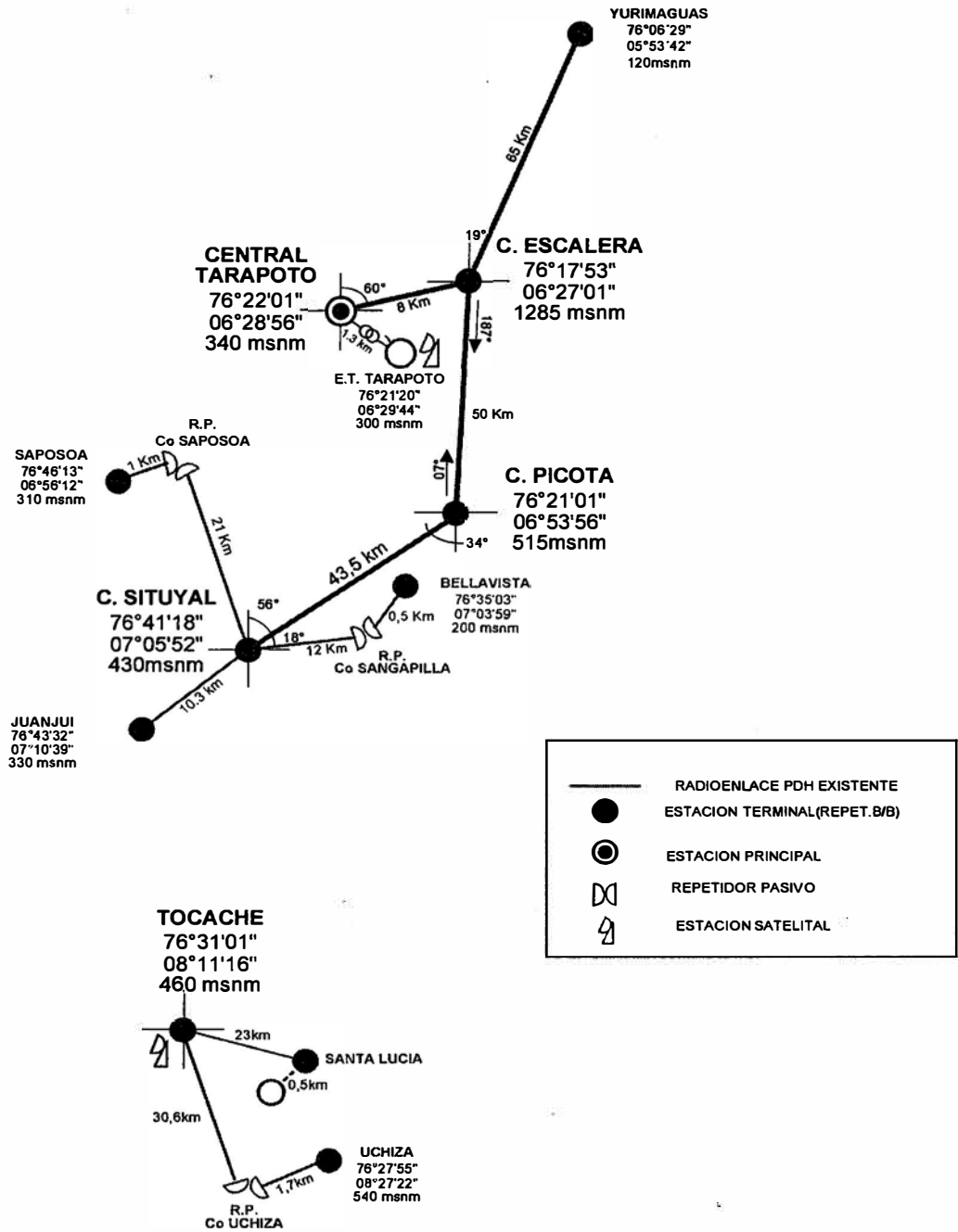


LEYENDA

- CENTRAL ZONAL
- LOCALIDAD CERCANA A LA ESTACION
- LOCALIDADES PRINCIPALES EN LA RUTA
- CARRETERA ASFALTADA
- CARRETERA AFIRMADA
- CARRETERA TRANSITABLE CON 4x4
- TROCHA CARROZABLE
- ACCESO A PIE
- ▲ UBICACION DE LA ESTACION

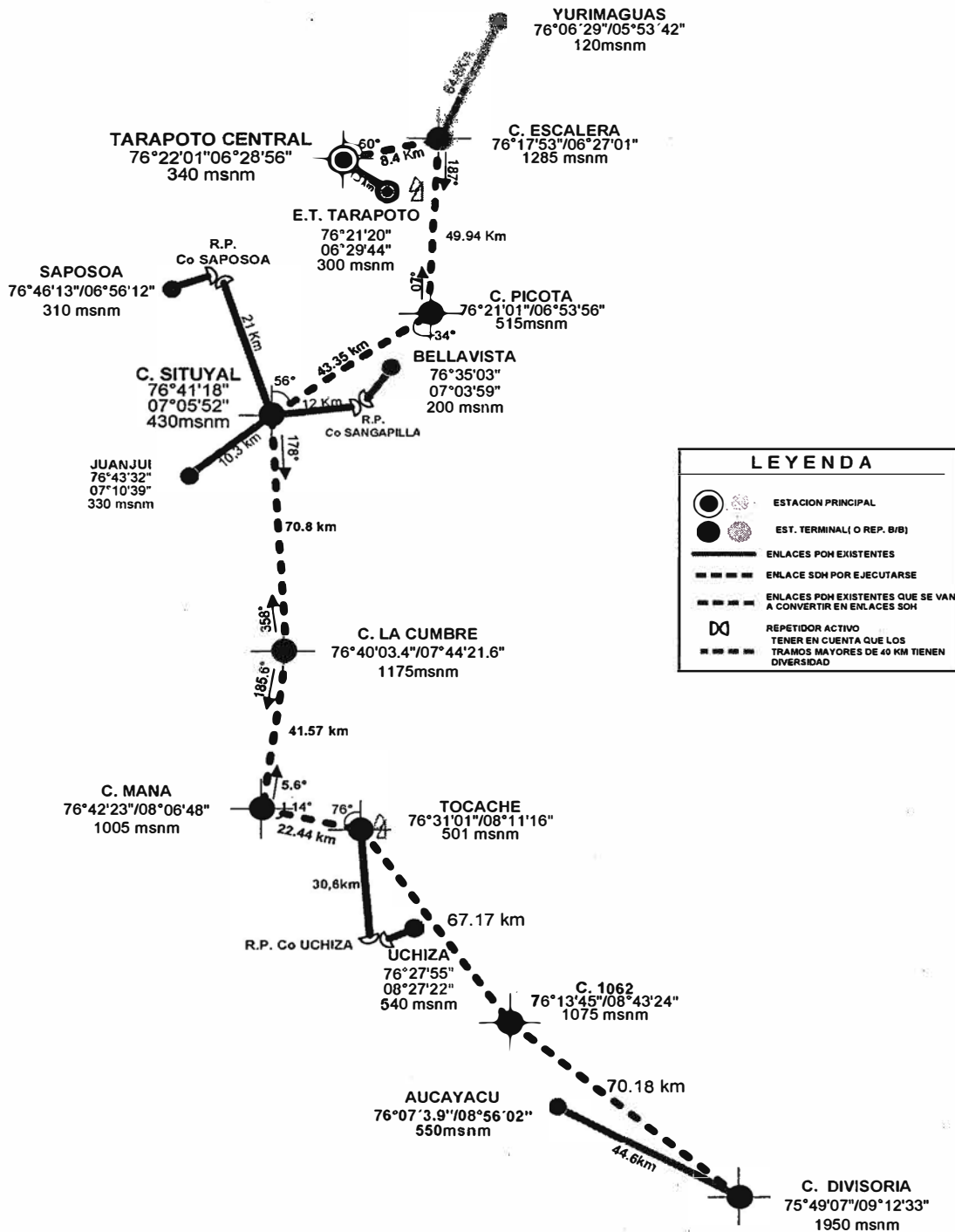
ANEXO B
ENRUTAMIENTO ACTUAL DEL TRAMO
TARAPOTO - TOCACHE

ENRUTAMIENTO ACTUAL TRAMO: TARAPOTO - TOCACHE



ANEXO C
PLAN DE ENRUTAMIENTO
TARAPOTO – C. DIVISORIA

PLAN DE ENRUTAMIENTO TARAPOTO – C. DIVISORIA

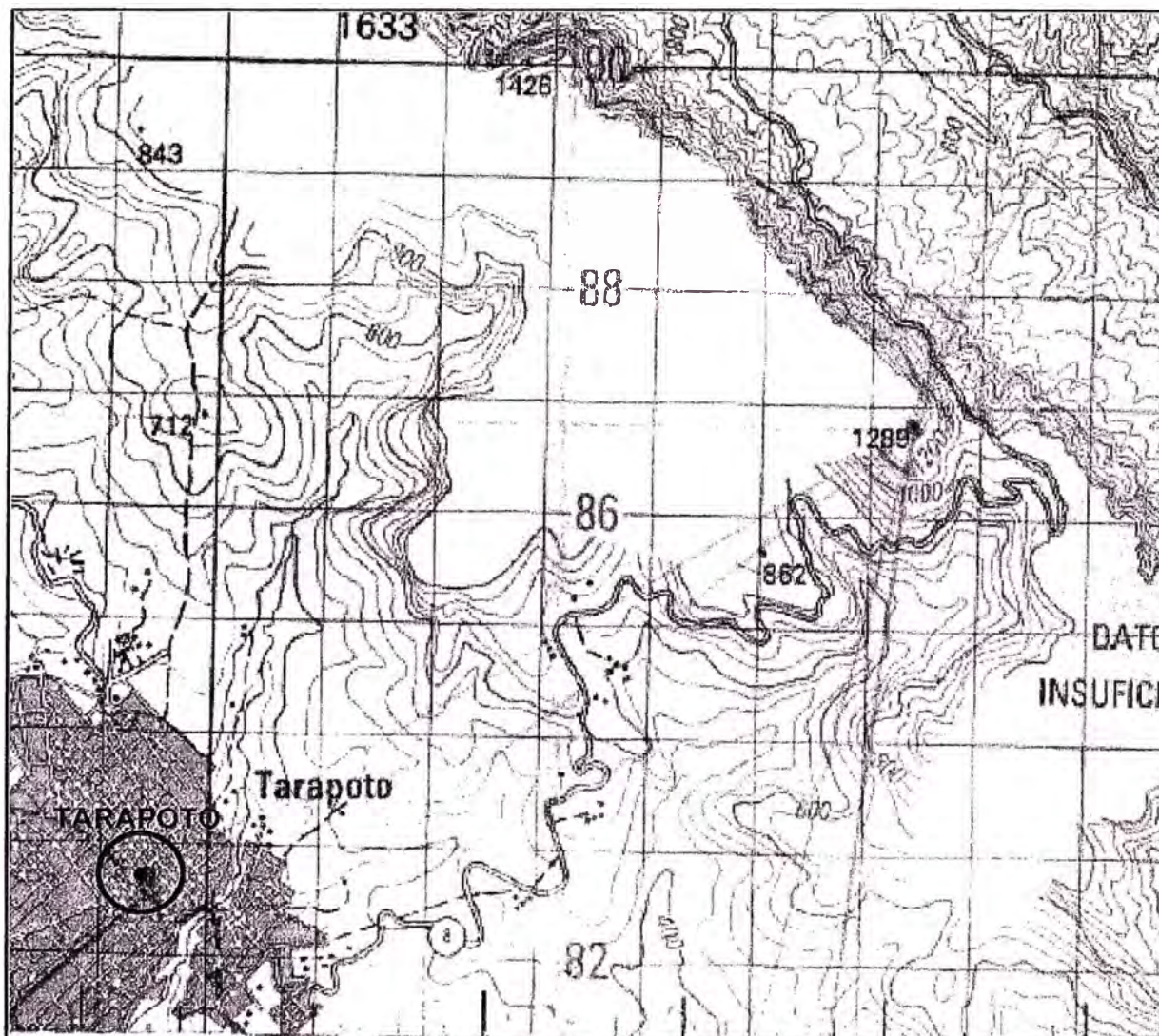


| LEYENDA | |
|---------|---|
| | ESTACION PRINCIPAL |
| | EST. TERMINAL (O REP. B/B) |
| | ENLACES POR EXISTENTES |
| | ENLACE SOH POR EJECUTARSE |
| | ENLACES POR EXISTENTES QUE SE VAN A CONVERTIR EN ENLACES SOH |
| | REPETIDOR ACTIVO TENER EN CUENTA QUE LOS TRAMOS MAYORES DE 40 KM TIENEN DIVERSIDAD |

ANEXO D
MAPAS CARTOGRAFICOS DE LAS ESTACIONES

MAPA DE UBICACIÓN

ESTACIÓN: TARAPOTO



UBICACIÓN GEOGRÁFICA

LONGITUD : 76° 22' 1"
LATITUD : 6° 28' 56"
ALTITUD : 340 msnm

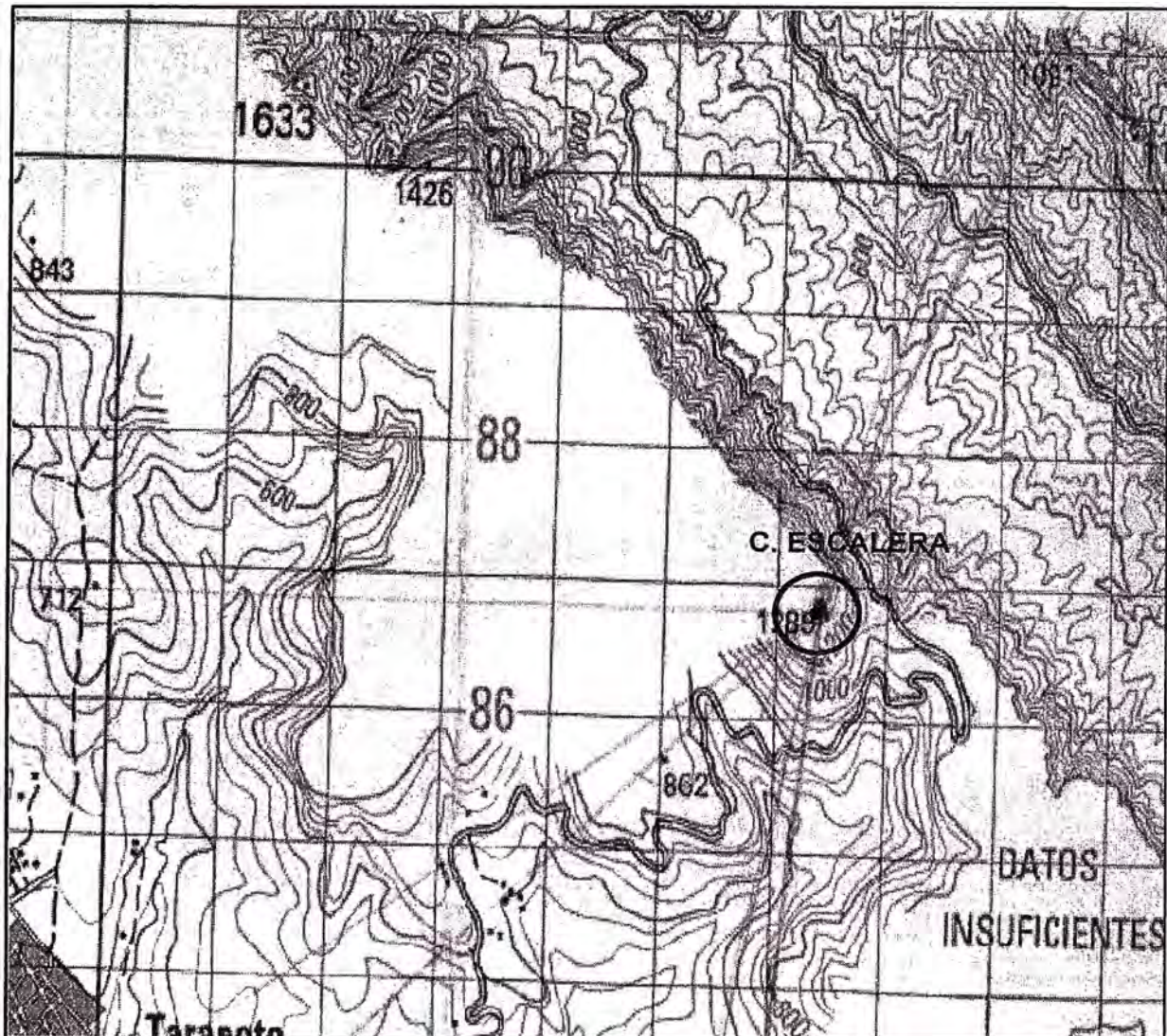
CARTA GEOGRÁFICA IGM

NOMBRE : TARAPOTO
CÓDIGO : 13 K
ESCALA : 1 / 100 000

OBSERVACIÓN:

**ESTE CERRO SE ENCUENTRA EN EL DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN,
PROVINCIA DE SAN MARTÍN, DISTRITO DE TARAPOTO**

MAPA DE UBICACIÓN
ESTACIÓN: C. ESCALERA



UBICACIÓN GEOGRÁFICA

LONGITUD : 76° 17' 53"
LATITUD : 6° 27' 1"
ALTITUD : 1 285 msnm

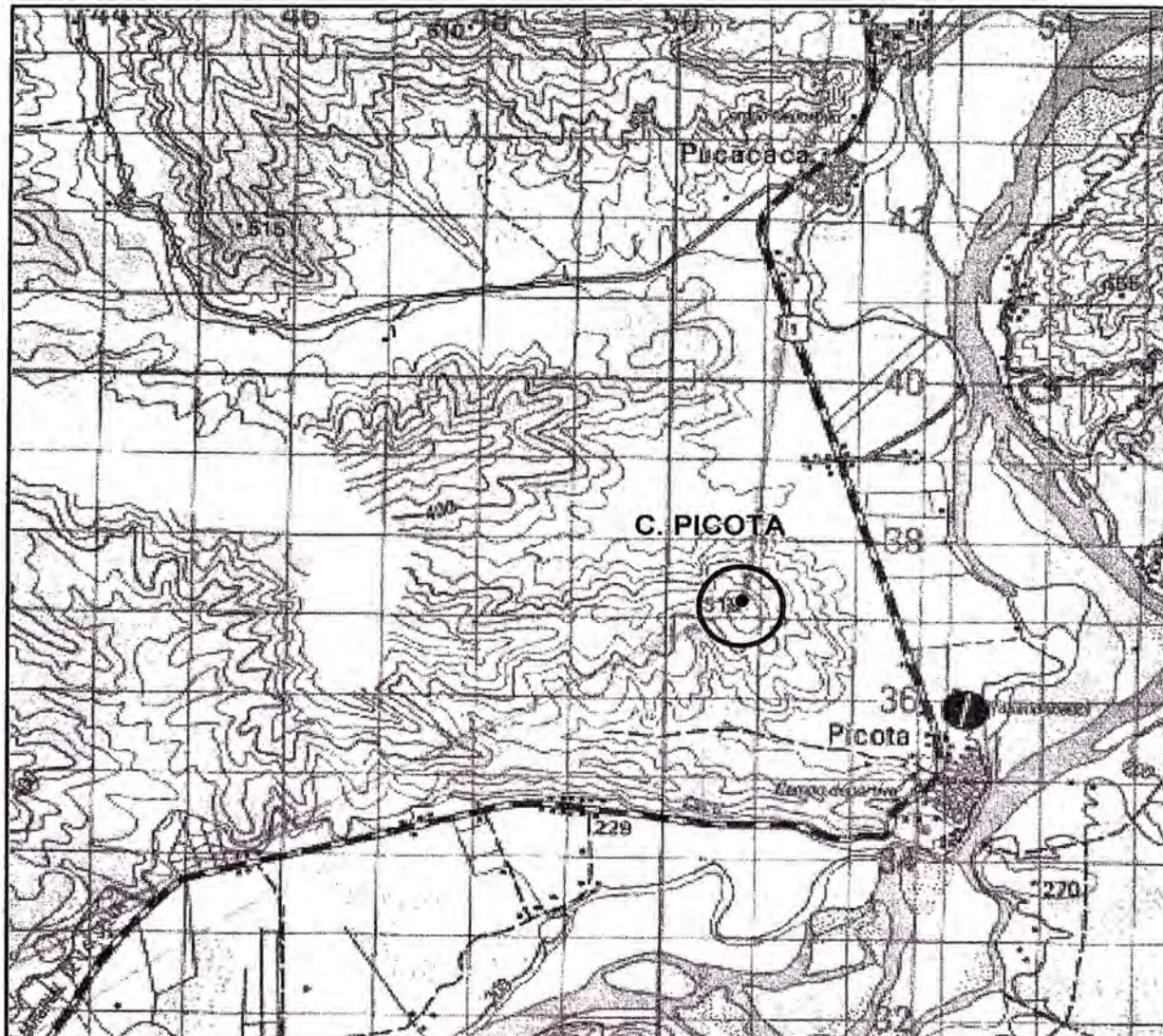
CARTA GEOGRAFICA IGM

NOMBRE : TARAPOTO
CODIGO : 13 K
ESCALA : 1 / 100 000

OBSERVACIÓN:

**ESTE CERRO SE ENCUENTRA EN EL DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN,
PROVINCIA DE SAN MARTÍN, DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO**

MAPA DE UBICACIÓN
ESTACIÓN: C. PICOTA



UBICACIÓN GEOGRÁFICA

LONGITUD : 76° 21' 1"
LATITUD : 6° 53' 56"
ALTITUD : 515 msnm

CARTA GEOGRÁFICA IGM

NOMBRE : UTCURARCA
CÓDIGO : 14 K
ESCALA : 1 / 100 000

OBSERVACIÓN:

**ESTE CERRO SE ENCUENTRA EN EL DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN,
PROVINCIA DE PICOTA, DISTRITO DE PICOTA.**

MAPA DE UBICACIÓN

ESTACIÓN: C. SITUYAL



UBICACIÓN GEOGRÁFICA

LONGITUD : 76° 41' 18"
LATITUD : 7° 5' 52"
ALTITUD : 430 msnm

CARTA GEOGRÁFICA IGM

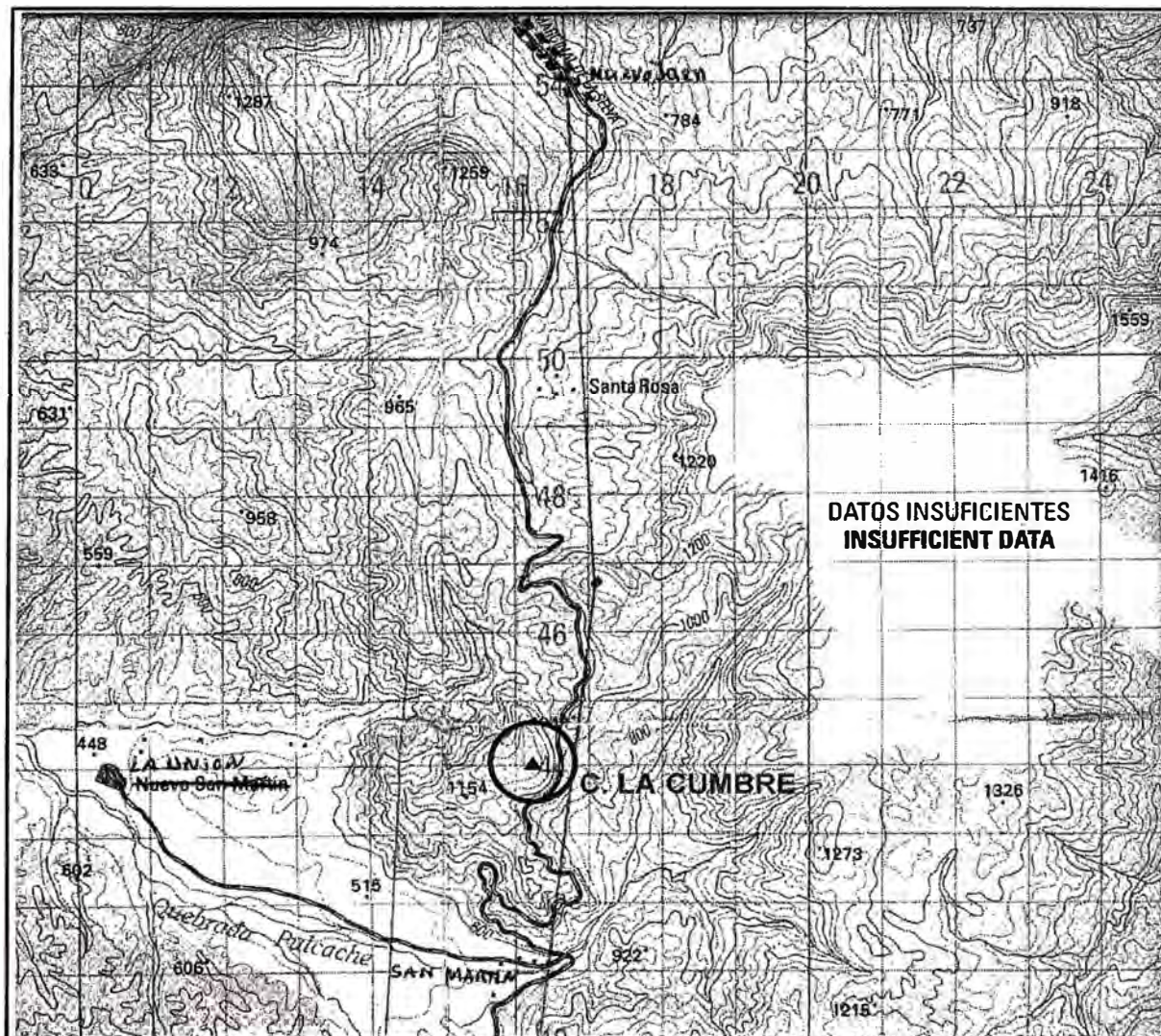
NOMBRE : JUANJUI
CÓDIGO : 15 J
ESCALA : 1 / 100 000

OBSERVACIÓN:

**ESTE CERRO SE ENCUENTRA EN EL DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN,
PROVINCIA DE HUALLAGA, DISTRITO DE SACANCHE.**

MAPA DE UBICACIÓN

ESTACIÓN: C. LA CUMBRE



UBICACIÓN GEOGRÁFICA

LONGITUD : 76° 40' 3.4"
LATITUD : 7° 44' 21.6"
ALTITUD : 1 175 msnm

CARTA GEOGRÁFICA IGM

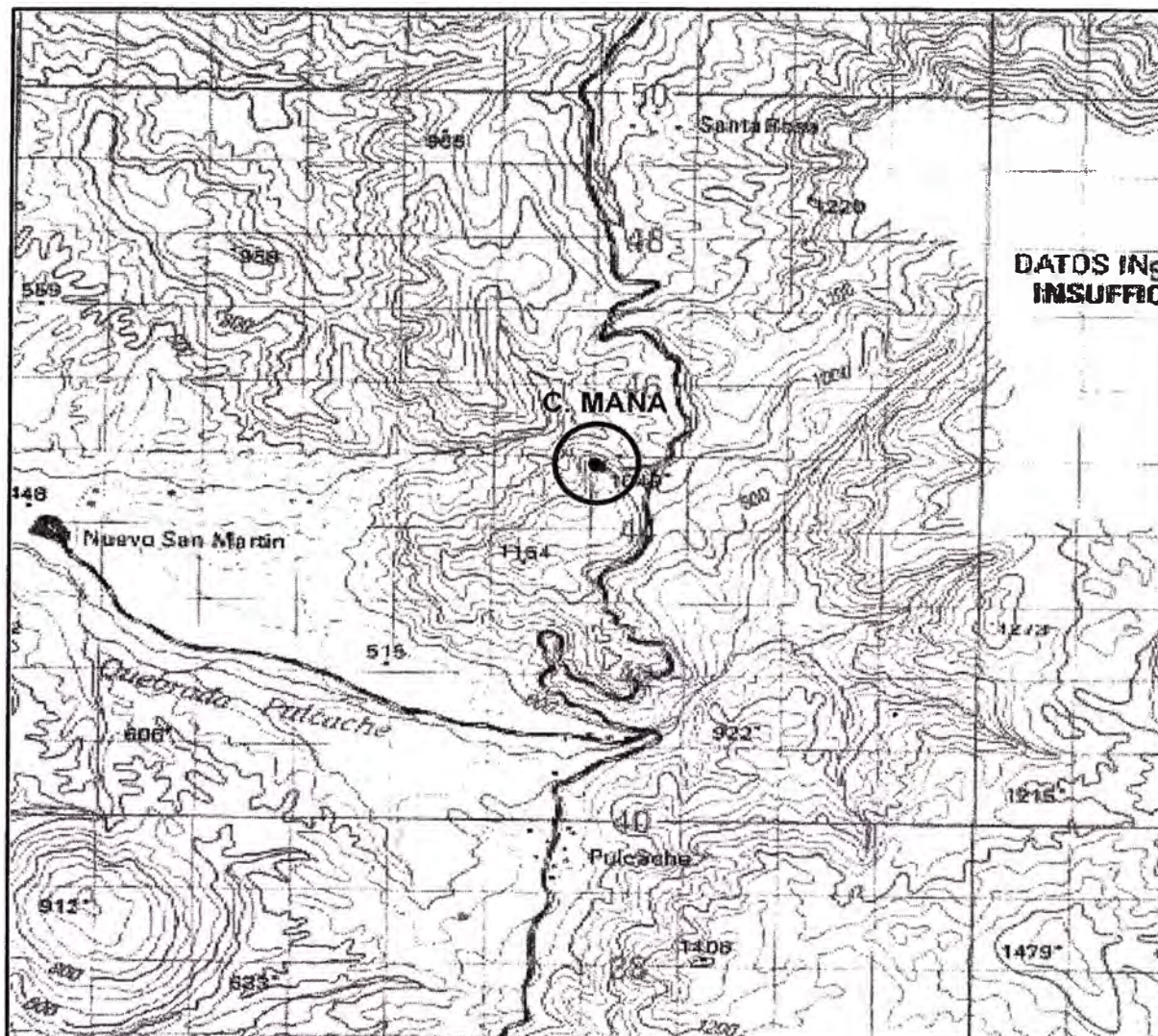
NOMBRE : PÓLVORA
CÓDIGO : 16 J
ESCALA : 1 / 100 000

OBSERVACIÓN:

**ESTE CERRO SE ENCUENTRA EN EL DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN,
PROVINCIA DE TOCACHE, DISTRITO DE PÓLVORA.**

MAPA DE UBICACIÓN

ESTACIÓN: C. MANA



UBICACIÓN GEOGRÁFICA

LONGITUD : 76° 42' 23"
LATITUD : 8° 6' 48"
ALTITUD : 1 005 msnm

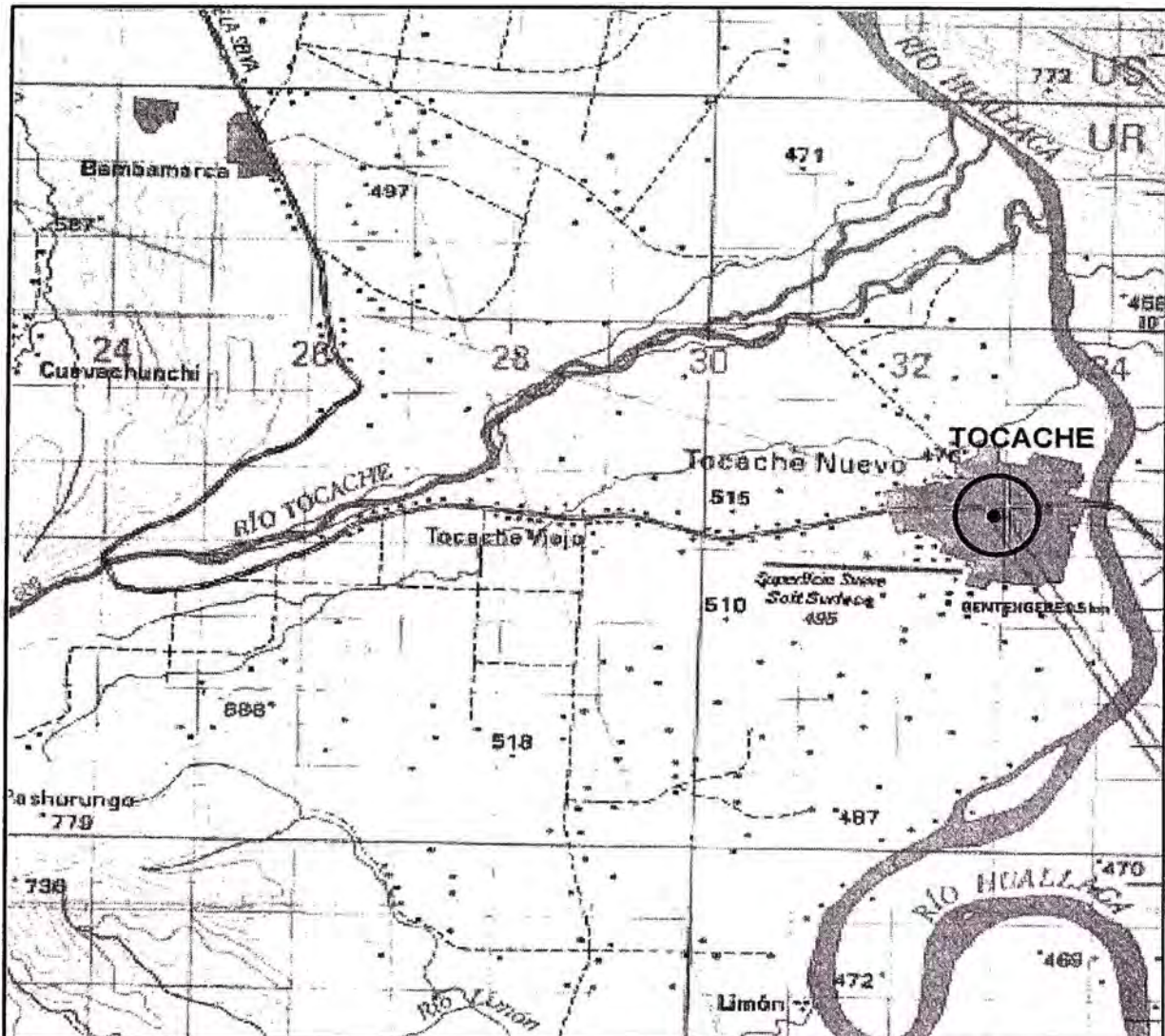
CARTA GEOGRÁFICA IGM

NOMBRE : TOCACHE NUEVO
CÓDIGO : 17 J
ESCALA : 1 / 100 000

OBSERVACIÓN:

**ESTE CERRO SE ENCUENTRA EN EL DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN,
PROVINCIA DE TOCACHE, DISTRITO DE PÓLVORA.**

MAPA DE UBICACIÓN ESTACIÓN: TOCACHE



UBICACIÓN GEOGRÁFICA

LONGITUD : 76° 31' 1"
LATITUD : 8° 11' 16"
ALTITUD : 501 msnm

CARTA GEOGRÁFICA IGM

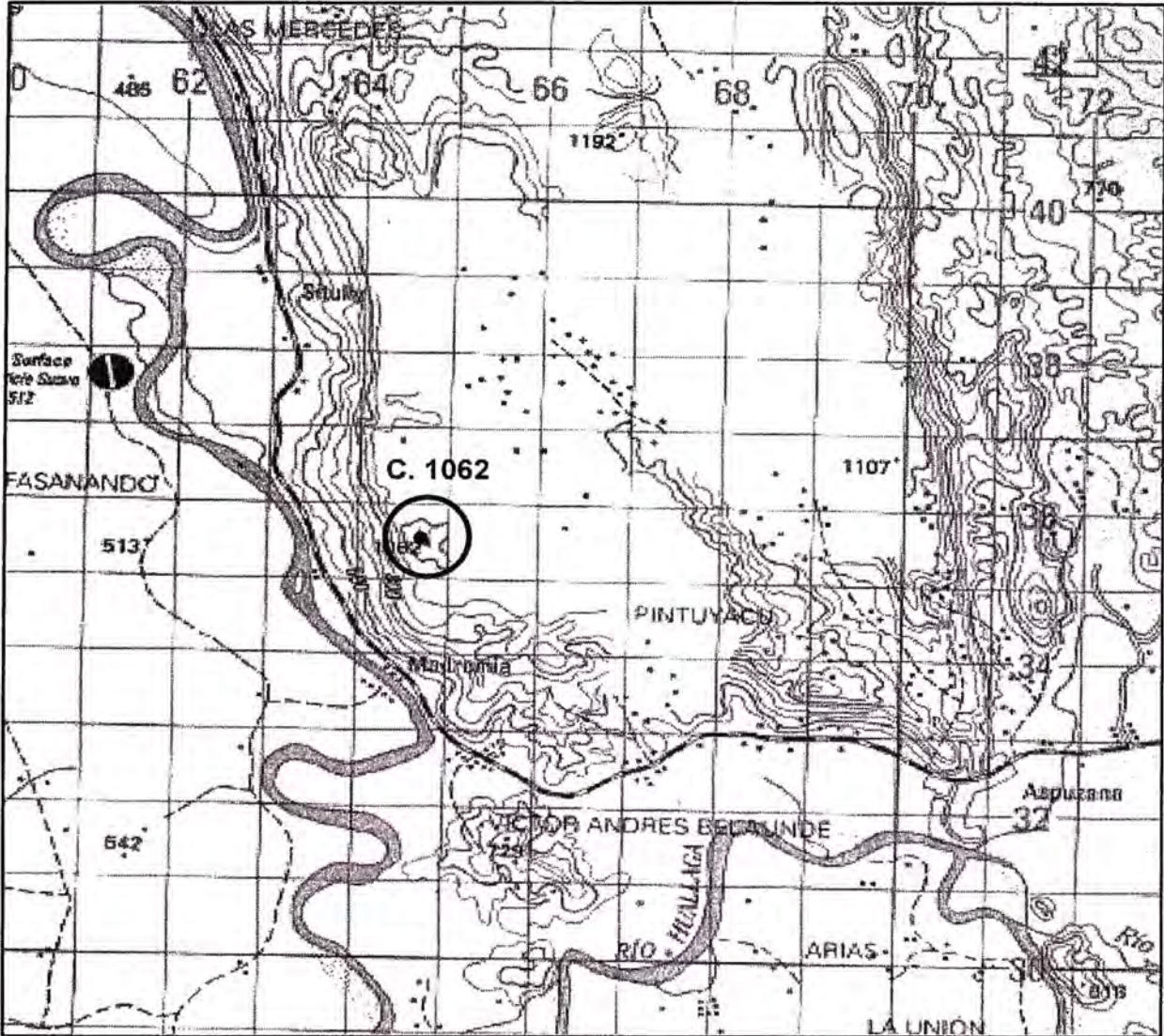
NOMBRE : TOCACHE NUEVO
CÓDIGO : 17 J
ESCALA : 1 / 100 000

OBSERVACIÓN:

**ESTA LOCALIDAD SE ENCUENTRA EN EL DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN,
PROVINCIA DE TOCACHE, DISTRITO DE TOCACHE.**

MAPA DE UBICACION

ESTACIÓN: C. 1062



UBICACIÓN GEOGRÁFICA

LONGITUD : 76° 13' 45"
LATITUD : 8° 43' 24"
ALTITUD : 1 075 msnm

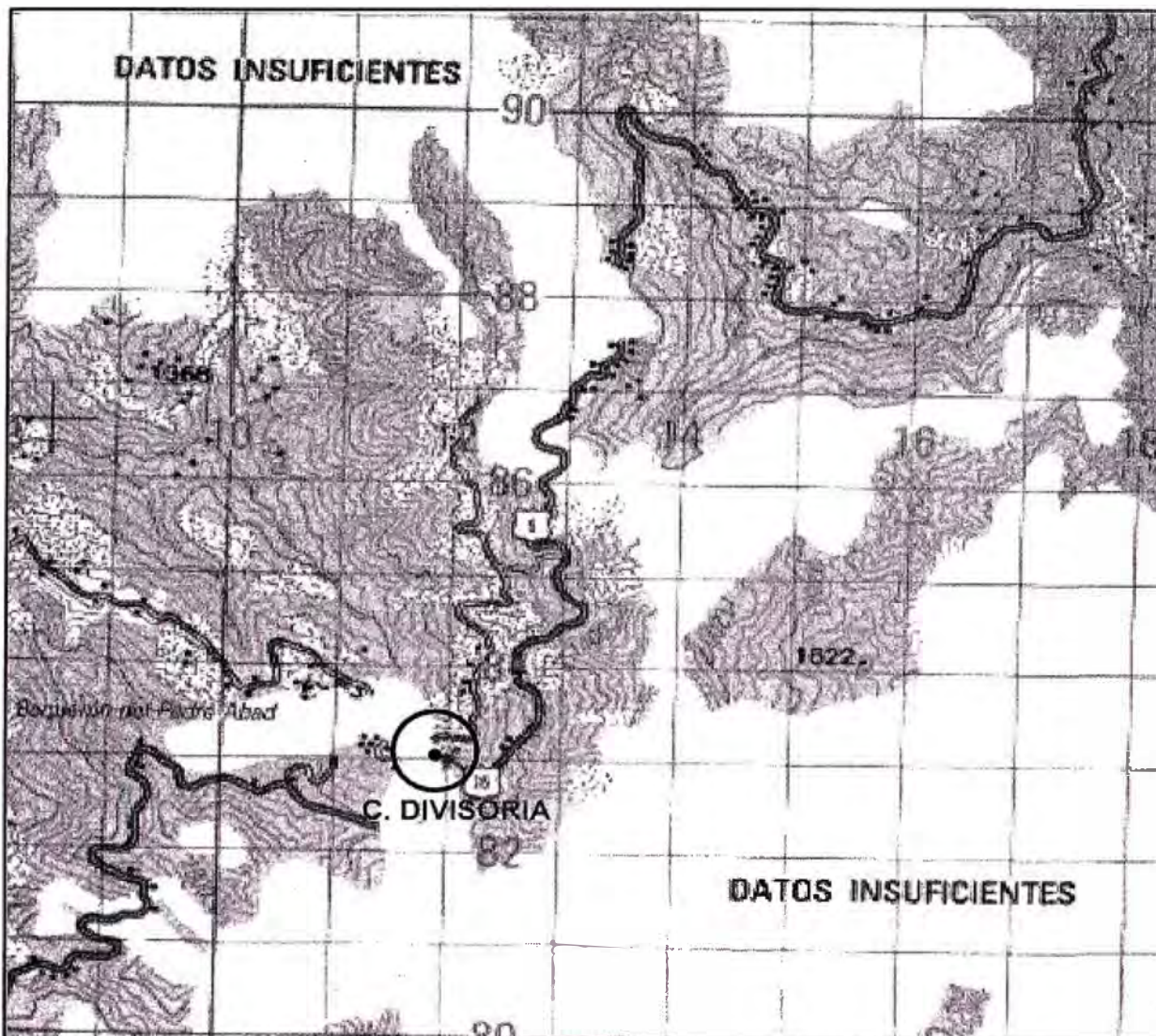
CARTA GEOGRÁFICA IGM

NOMBRE : AUCAYACU
CÓDIGO : 18 K
ESCALA : 1 / 100 000

OBSERVACIÓN:

**ESTE CERRO SE ENCUENTRA EN EL DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN,
PROVINCIA DE TOCACHE, DISTRITO DE NUEVO PROGRESO.**

MAPA DE UBICACIÓN ESTACIÓN: C. DIVISORIA



UBICACIÓN GEOGRÁFICA

LONGITUD : 75° 49' 7"
LATITUD : 9° 12' 33"
ALTITUD : 1 950 msnm

CARTA GEOGRÁFICA IGM

NOMBRE : AGUAYTIA
CÓDIGO : 19 L
ESCALA : 1 / 100 000

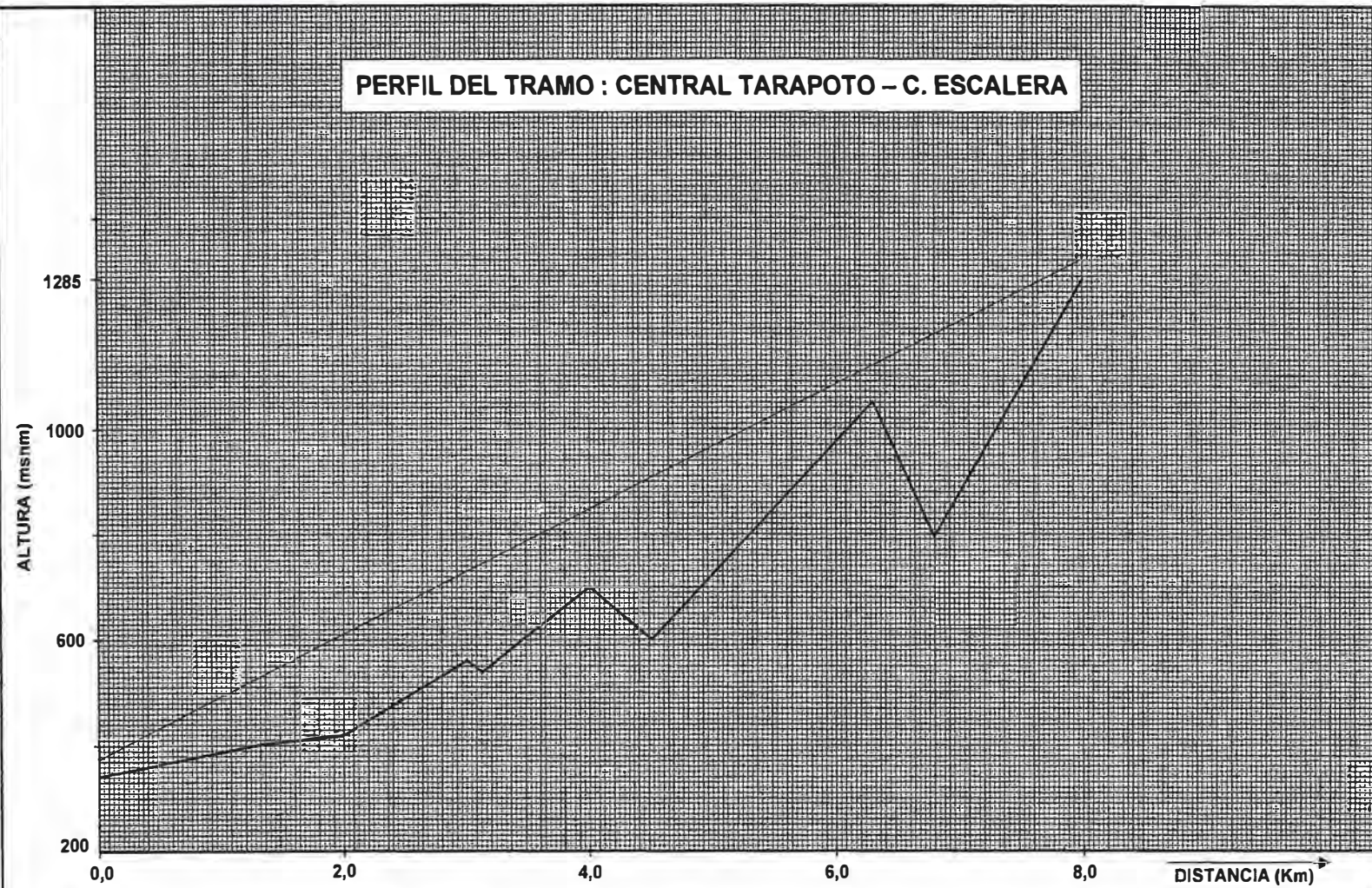
OBSERVACIÓN:

**ESTE CERRO SE ENCUENTRA EN EL DEPARTAMENTO DE HUANUCO,
PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, DISTRITO DE TINGO MARIA.**

ANEXO E

**PERFILES REALIZADOS A MANO Y
POR SOFTWARE DE LOS ENLACES**

PERFIL DEL TRAMO : CENTRAL TARAPOTO – C. ESCALERA



ESTACION A

ALTITUD : 340+18 m
ALT ANT : 18 m

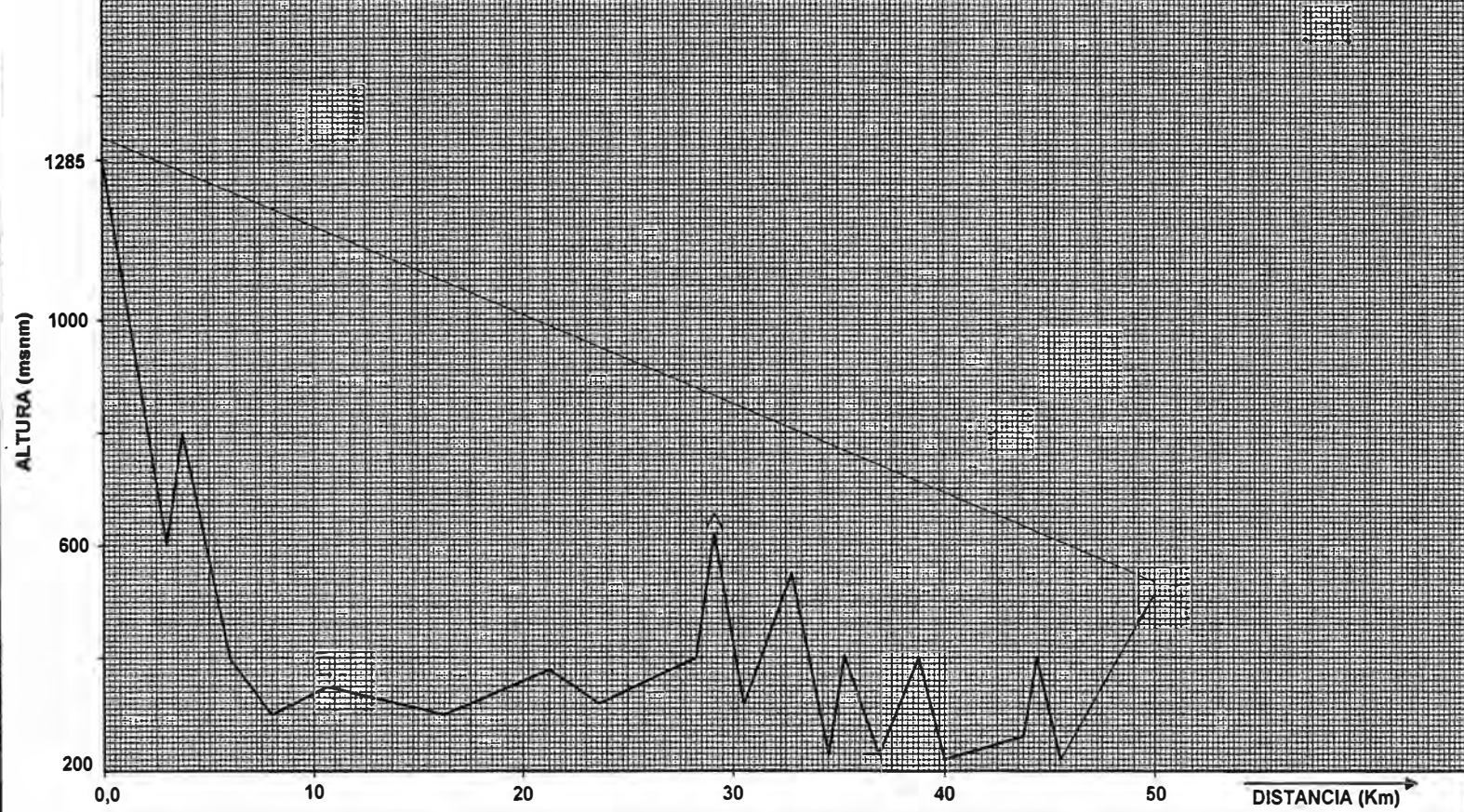
ENLACE

DIST. TRAMO : 8.40 Km
CORRECCION : K = 4/3

ESTACION B

ALTITUD : 1285m
ALT. ANT : 38 m

PERFIL DEL TRAMO : C. ESCALERA – C. PICOTA

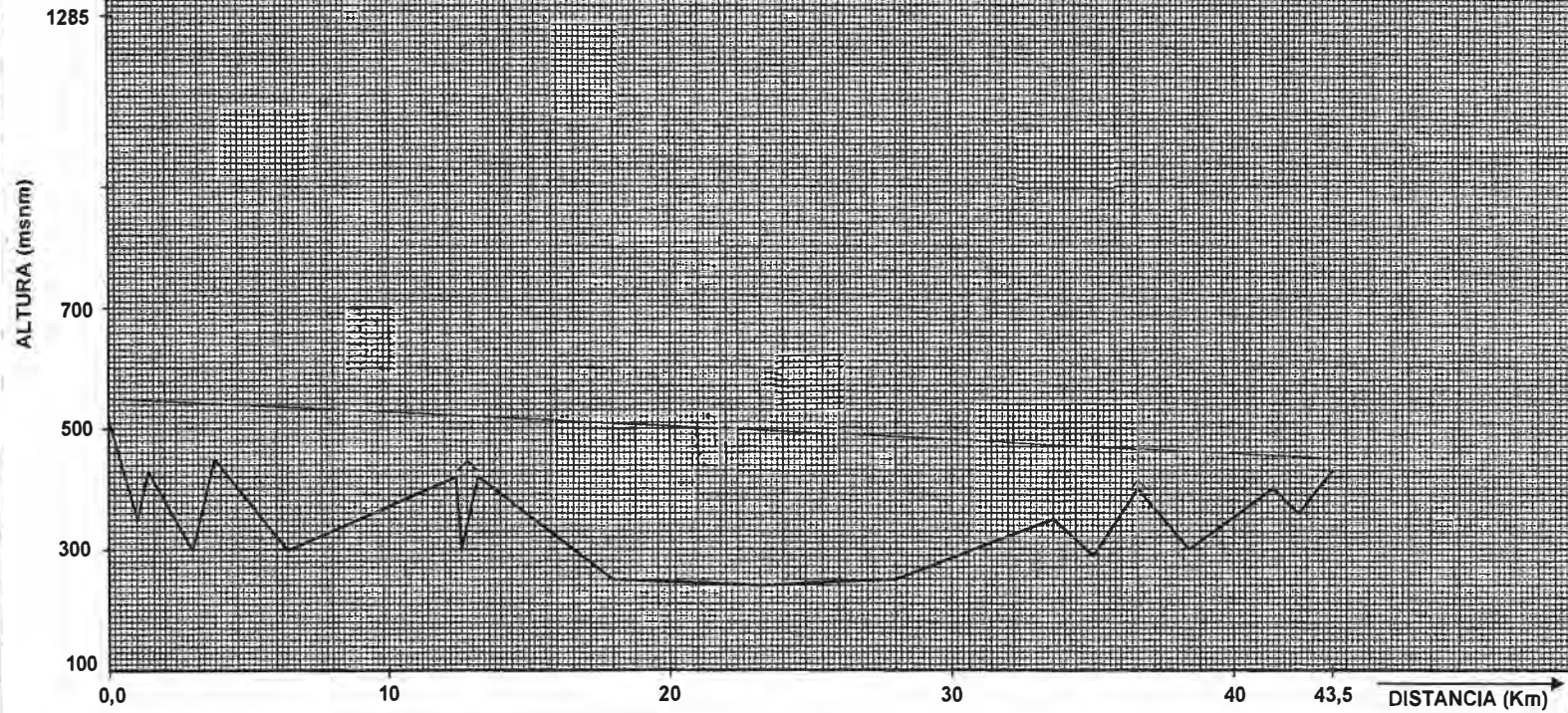


ESTACION A
ALTITUD : 1285 m
ALT. ANT : 40 m

ENLACE
DIST. TRAMO : 50 Km
CORRECCION : K = 4/3

ESTACION B
ALTITUD : 515m
ALT. ANT : 20 m

PERFIL DEL TRAMO : C. PICOTA - C. SITUYAL

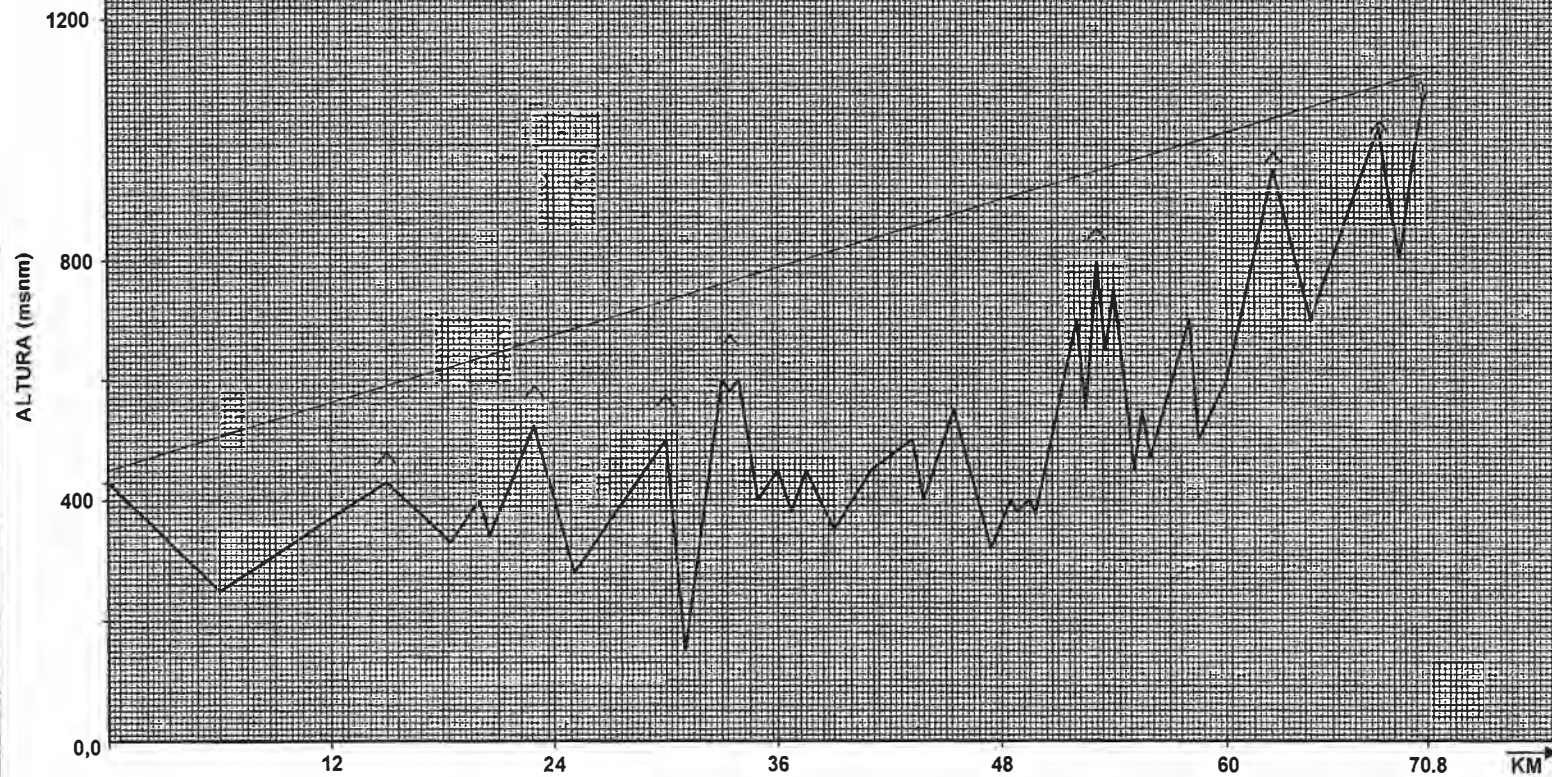


ESTACION A
ALTITUD : 515 m
ALT. ANT : 36 m

ENLACE
DIST. TRAMO : 43.5 Km
CORRECCION : K = 4/3

ESTACION B
ALTITUD : 430m
ALT. ANT : 23 m

PERFIL DEL TRAMO : C. SITUYAL – C. LA CUMBRE

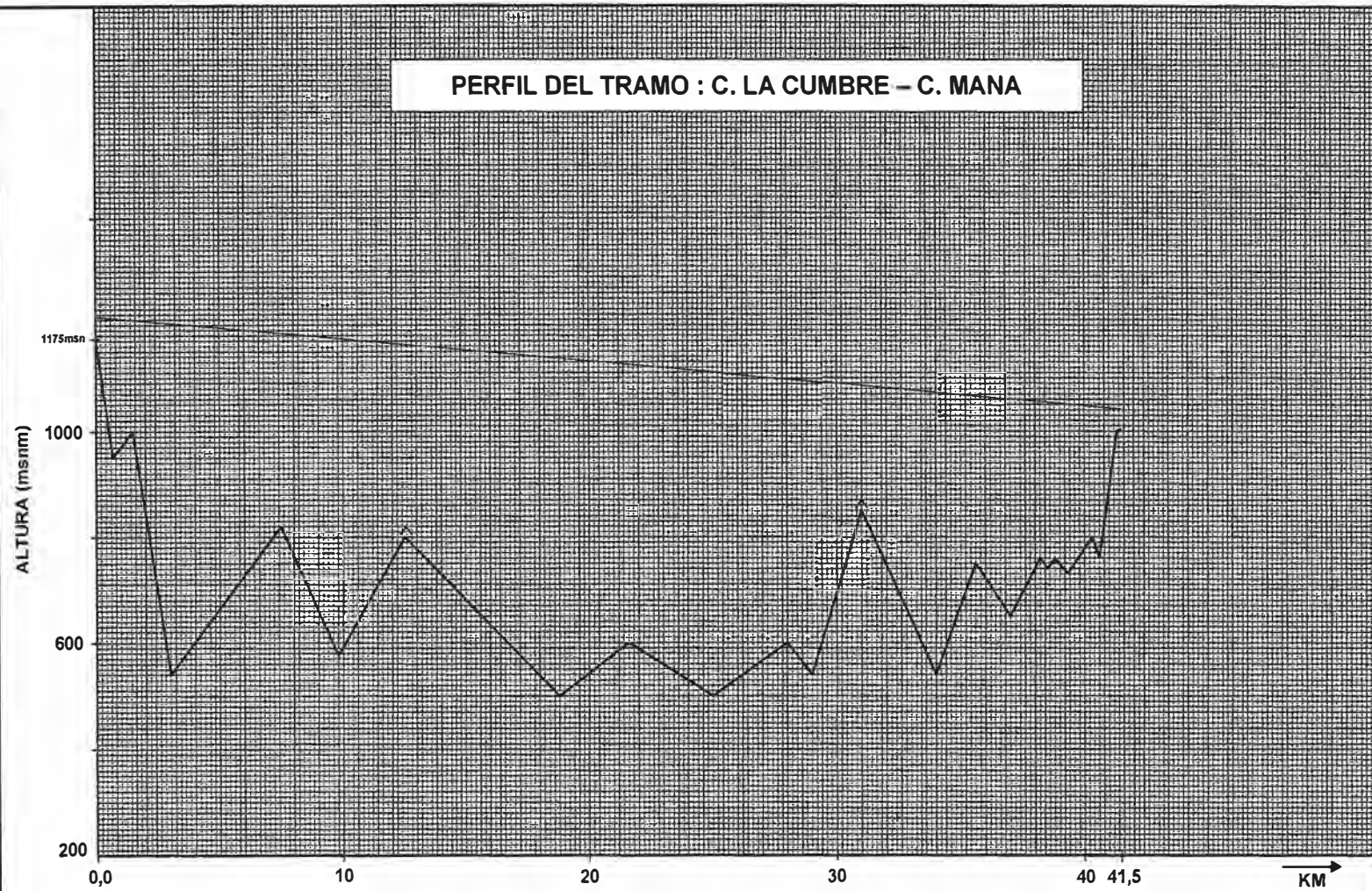


ESTACION A
ALTITUD : 430 m
ALT. ANT : 20 m

ENLACE
DIST. TRAMO : 70.8 Km
CORRECCION : K = 4/3

ESTACION B
ALTITUD : 1175 msnm
ALT. ANT : 40 m

PERFIL DEL TRAMO : C. LA CUMBRE – C. MANA

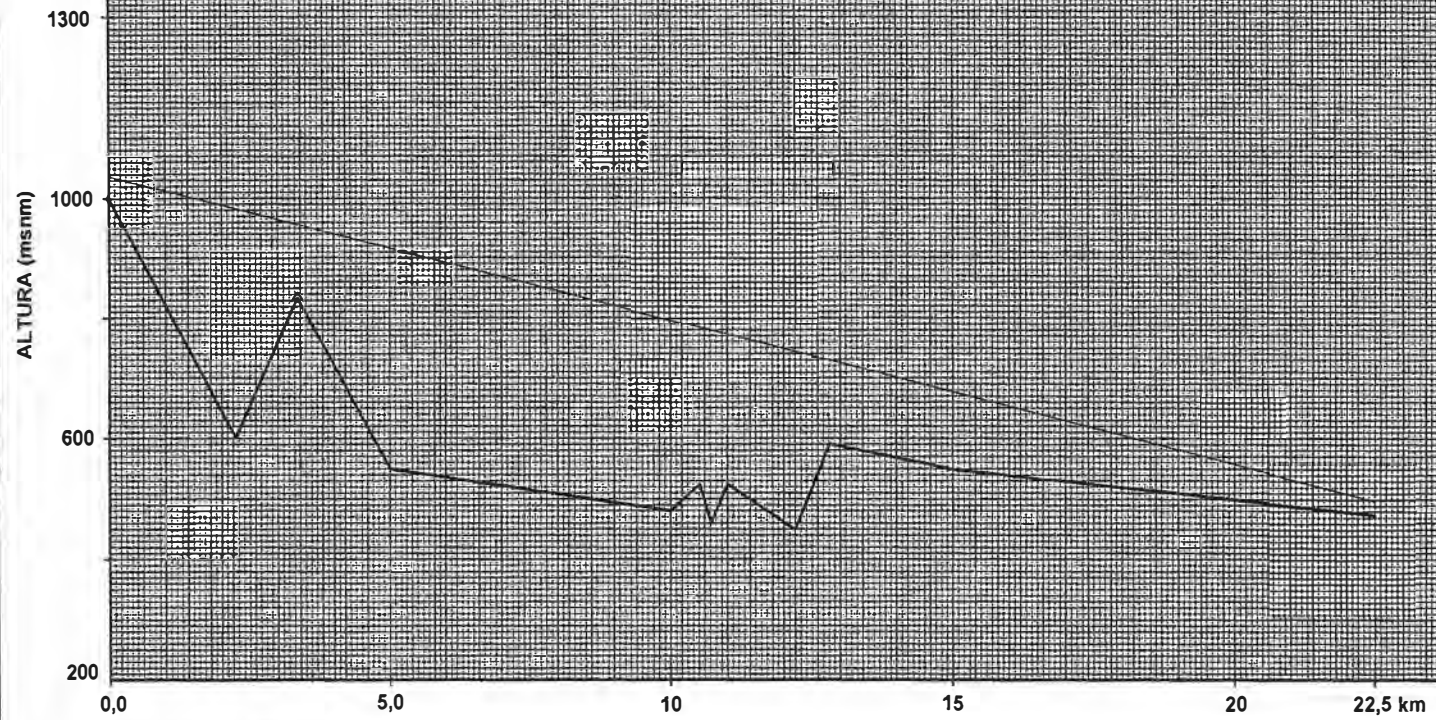


ESTACION A
ALTITUD : 1175 m
ALT. ANT : 46 m

ENLACE
DIST. TRAMO : 41,5 Km
CORRECCION : K = 4/3

ESTACION B
ALTITUD : 1005
ALT. ANT : 40 m

PERFIL DEL TRAMO : C. MANA - TOCACHE

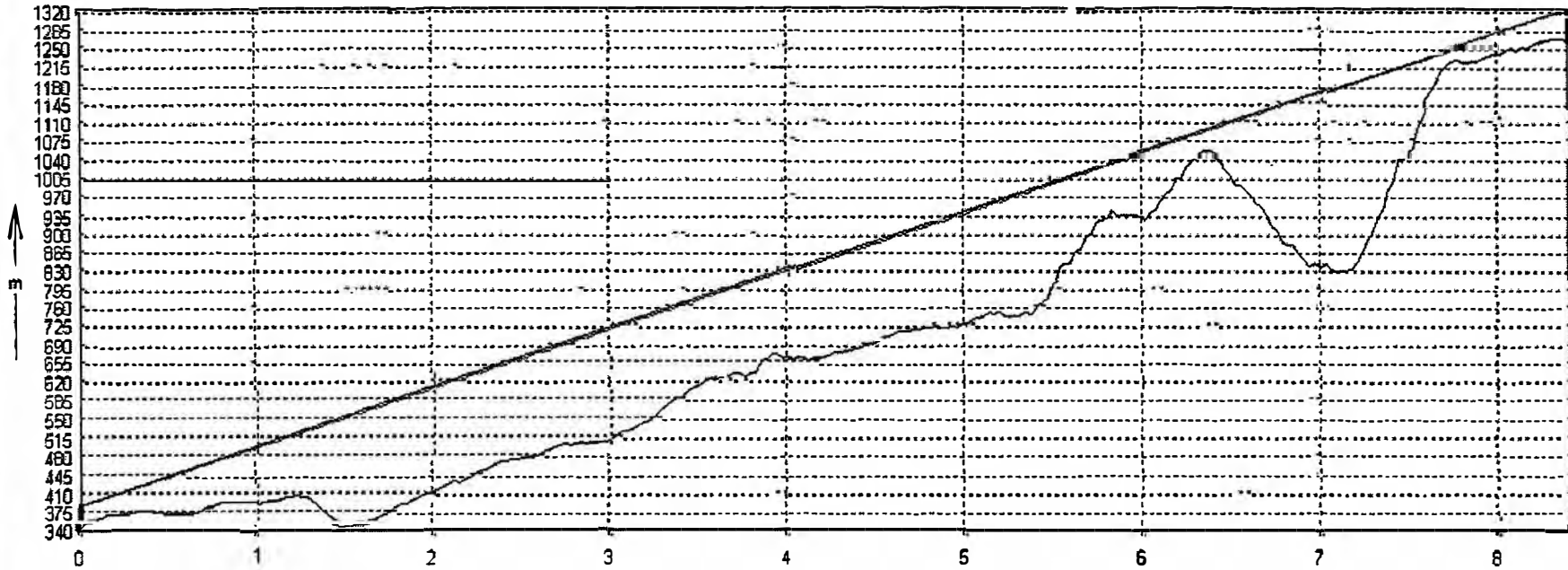


ESTACION A
ALTITUD : 1005 m
ALT. ANT : 46 m

ENLACE
DIST. TRAMO : 22,5 Km
CORRECCION : K = 4/3

ESTACION B
ALTITUD : 501
ALT. ANT : 25 m

TARAPOTO CENTRAL · C° ESCALERA

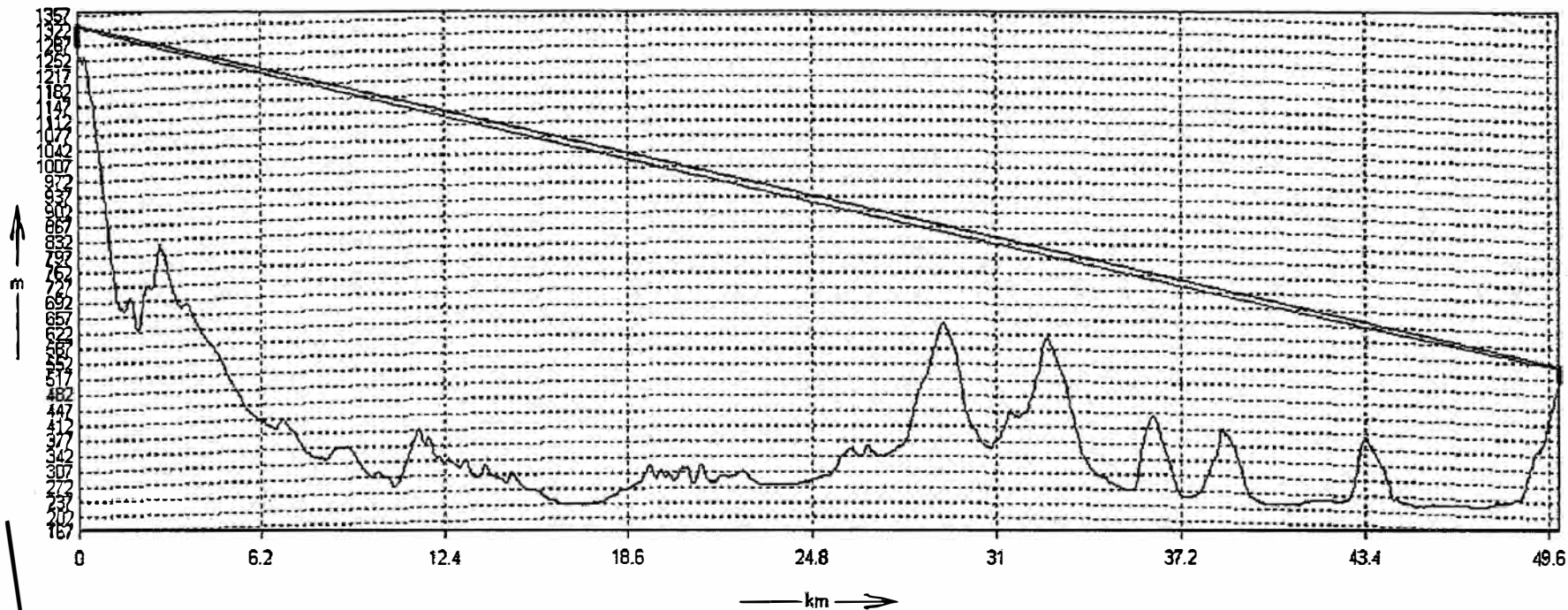


TARAPOTO CENTRAL
 Site A
 Lat: 6 28 56.00 S
 Lon: 76 22 01.00 W
 Gr. Elev.: 340 m AMSL
 Ant. CL: 46 m AGL
 AZ: 114.87 deg.

Dist.: 8.40 km
 Freq.: 6.00 GHz
 K-Factor: 1.333
 Fresnel: 0.6
 Min. Fresnel CL: 21 m
 FS Loss: 126.62

C° ESCALERA
 Site B
 Lat: 6 27 01.00 S
 Lon: 76 17 53.00 W
 Gr. Elev.: 1265 m AMSL
 Ant. CL: 60 m AGL
 Back AZ: 294.87 deg.

Microwave Path Profile



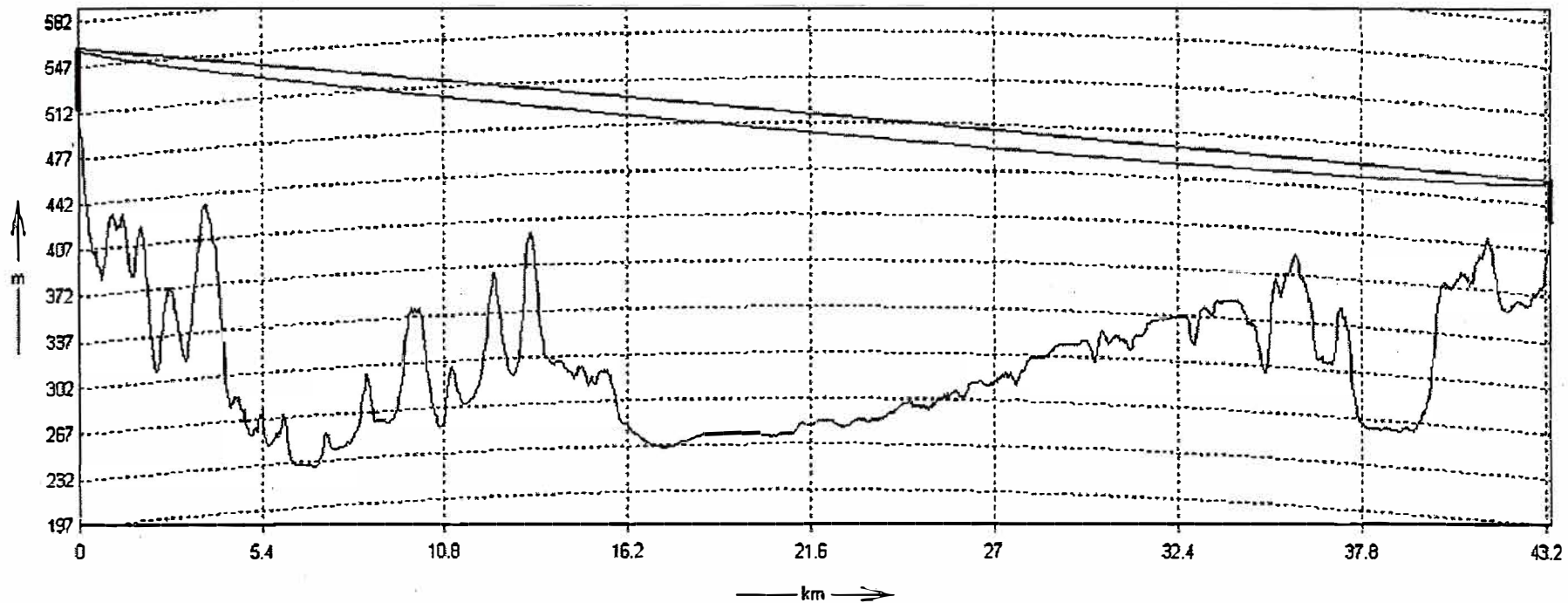
ESCALERA

Site A
 Lat: 8 27 01.00 S
 Lon: 75 17 53.00 W
 Gr. Elev.: 1285 m AMSL
 Ant. CL: 46 m AGL
 AZ: 353.36 deg.

Dist.: 49.94 km
 Freq.: 6.00 GHz
 K-Factor: 1.333
 Fresnel: 0.6
 Min. Fresnel CL: 30 m
 FS Loss: 142.00

Site B
 Lat: 6 53 56.00 S
 Lon: 76 21 01.00 W
 Gr. Elev.: 515 m AMSL
 Ant. CL: 30 m AGL
 Back AZ: 173.36 deg.

Microwave Path Profile

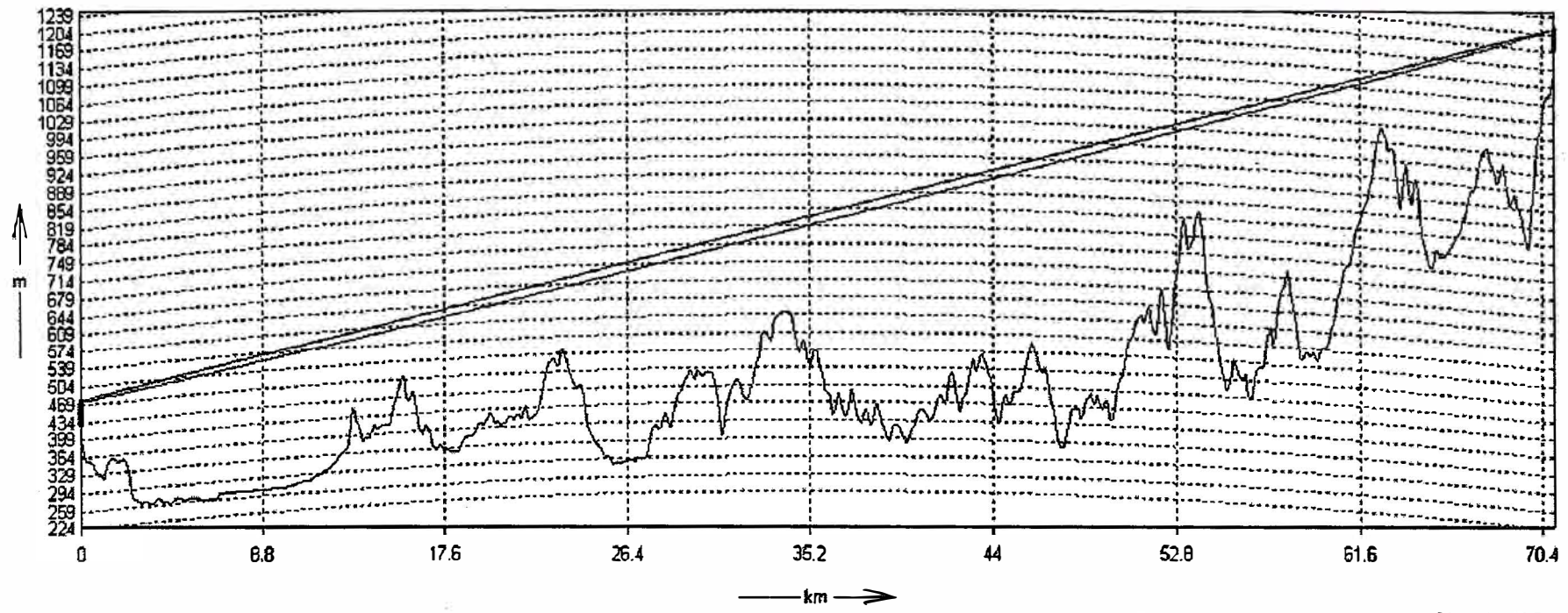


C° PICOTA
 Site A
 Lat: 8 53 56.00 S
 Lon: 76 21 01.00 W
 Gr. Elev.: 515 m AMSL
 Ant. CL: 46 m AGL
 AZ: 300.47 deg.

Dist.: 43.36 km
 Freq.: 6.00 GHz
 K-Factor: 1.333
 Fresnel: 0.6
 Min. Fresnel CL: 30 m
 FS Loss: 140.77

C° SITUYAL
 Site B
 Lat: 7 05 52.00 S
 Lon: 76 41 18.00 W
 Gr. Elev.: 490 m AMSL
 Ant. CL: 30 m AGL
 Back AZ: 120.51 deg.

Microwave Path Profile

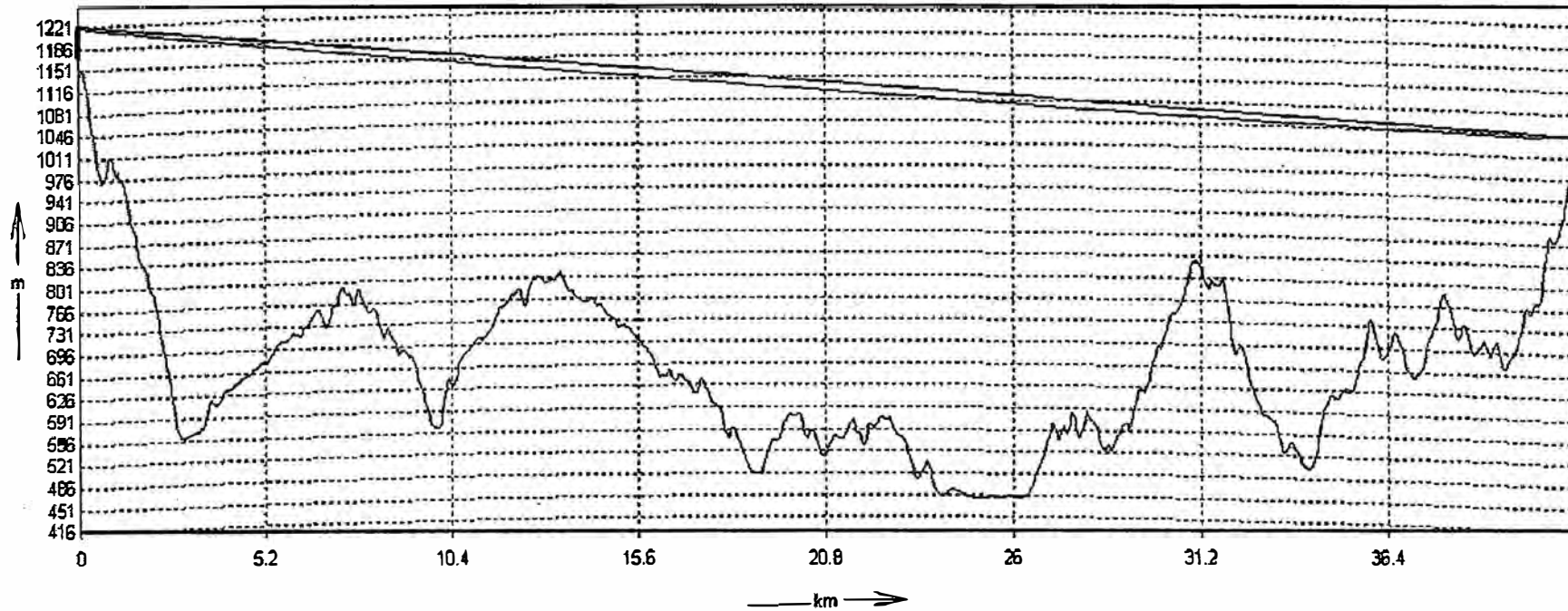


C^o SITUYAL
 Site A
 Lat: 7 55 52.00 S
 Lon: 76 41 18.00 W
 Gr. Elev.: 430 m AMSL
 Ant. CL: 46 m AGL
 AZ: 1.83 deg.

Dist.: 70.97 km
 Freq.: 6.00 GHz
 K-Factor: 1.333
 Fresnel: 0.6
 Min. Fresnel CL: 40 m
 FS Loss: 145.05

C^o LA CUMBRE
 Site B
 Lat: 7 44 21.60 S
 Lon: 76 40 03.40 W
 Gr. Elev.: 1175 m AMSL
 Ant. CL: 40 m AGL
 Back AZ: 181.83 deg.

Microwave Path Profile

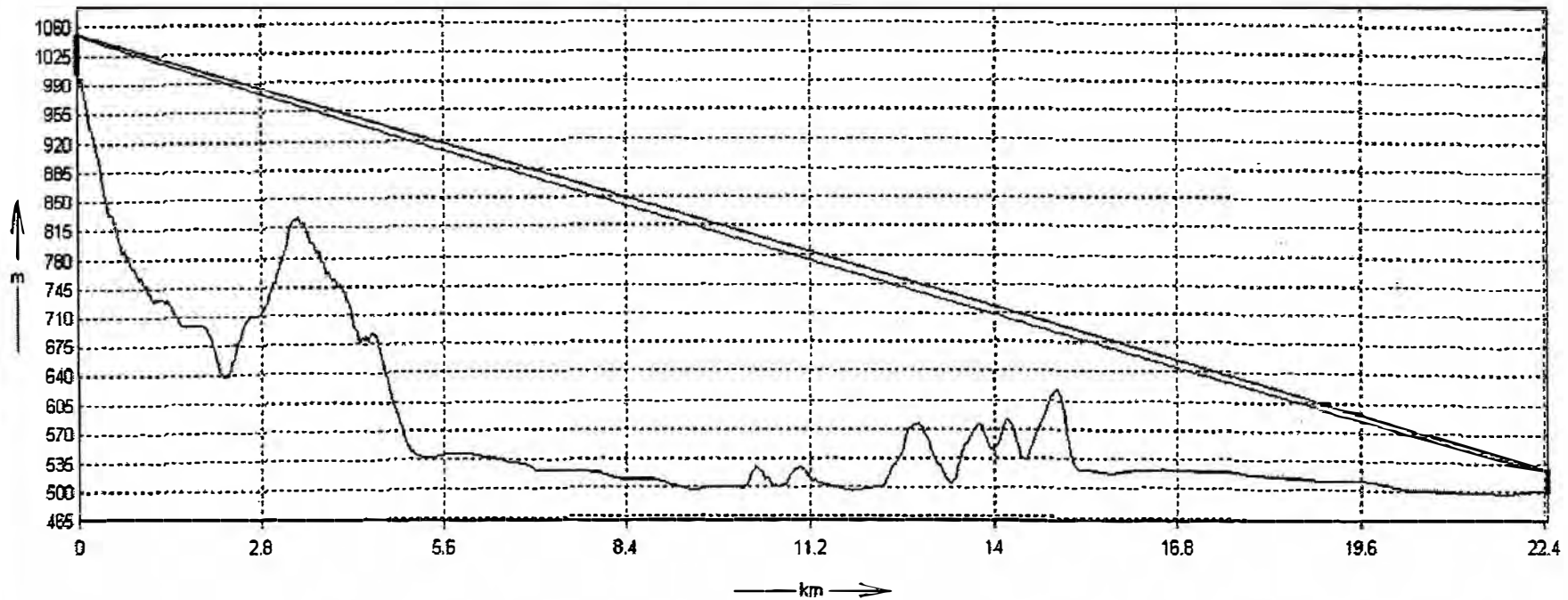


C^o LA CUMBRE
 Site A
 Lat: 7 44 21.60 S
 Lon: 76 40 03.40 W
 Gr. Elev.: 1175 m AMSL
 Ant. CL: 46 m AGL
 AZ: 354.12 deg.

Dist.: 41.57 km
 Freq.: 6.00 GHz
 K-Factor: 1.333
 Fresnel: 0.6
 Min. Fresnel CL: 38 m
 FS Loss: 140.40

C^o MANA
 Site B
 Lat: 8 06 48.00 S
 Lon: 76 42 23.00 W
 Gr. Elev.: 1005 m AMSL
 Ant. CL: 40 m AGL
 Back AZ: 174.12 deg.

Microwave Path Profile

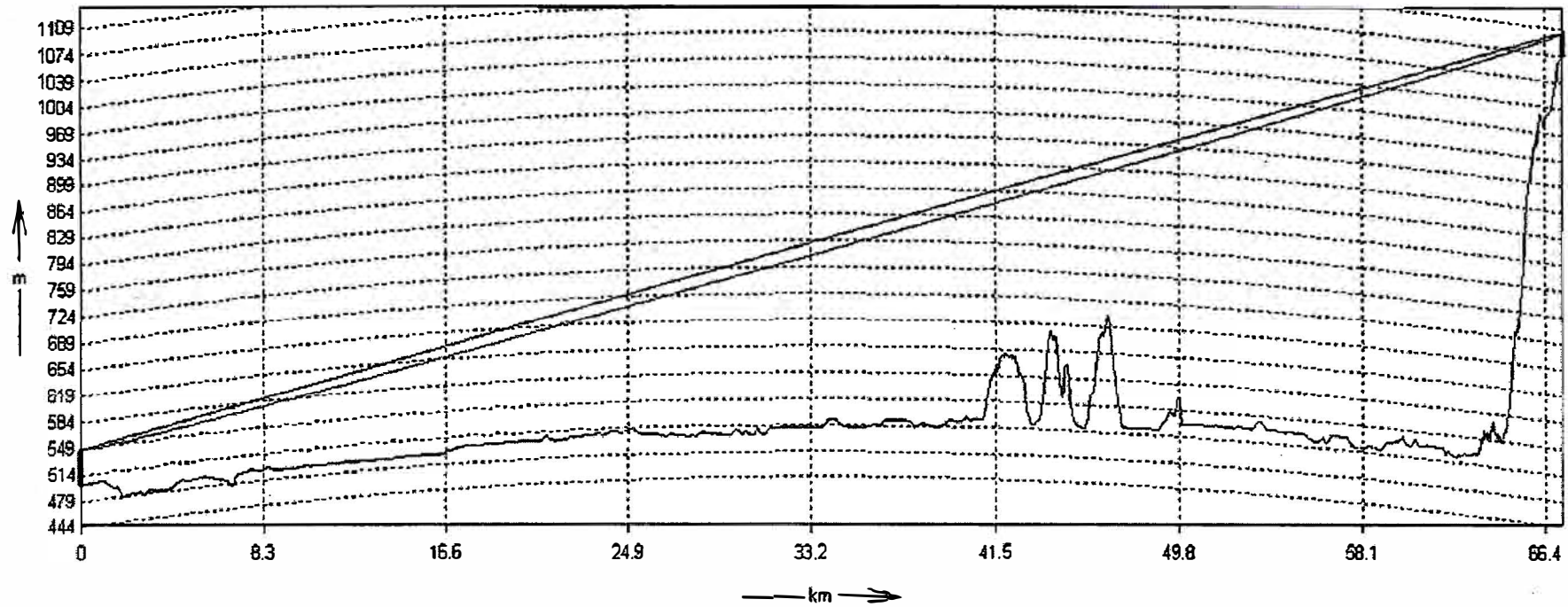


C^o MANA
 Site A
 Lat: 8 06 48.00 S
 Lon: 76 42 23.00 W
 Gr. Elev: 1005 m AMSL
 Ant. CL: 46 m AGL
 AZ: 68.49 deg.

Dist.: 22.44 km
 Freq.: 6.00 GHz
 K-Factor: 1.333
 Fresnel: 0.6
 Min. Fresnel CL: 25 m
 FS Loss: 135.05

TOCACHE
 Site B
 Lat: 8 11 16.00 S
 Lon: 76 31 01.00 W
 Gr. Elev: 501 m AMSL
 Ant. CL: 25 m AGL
 Back AZ: 248.47 deg.

Microwave Path Profile

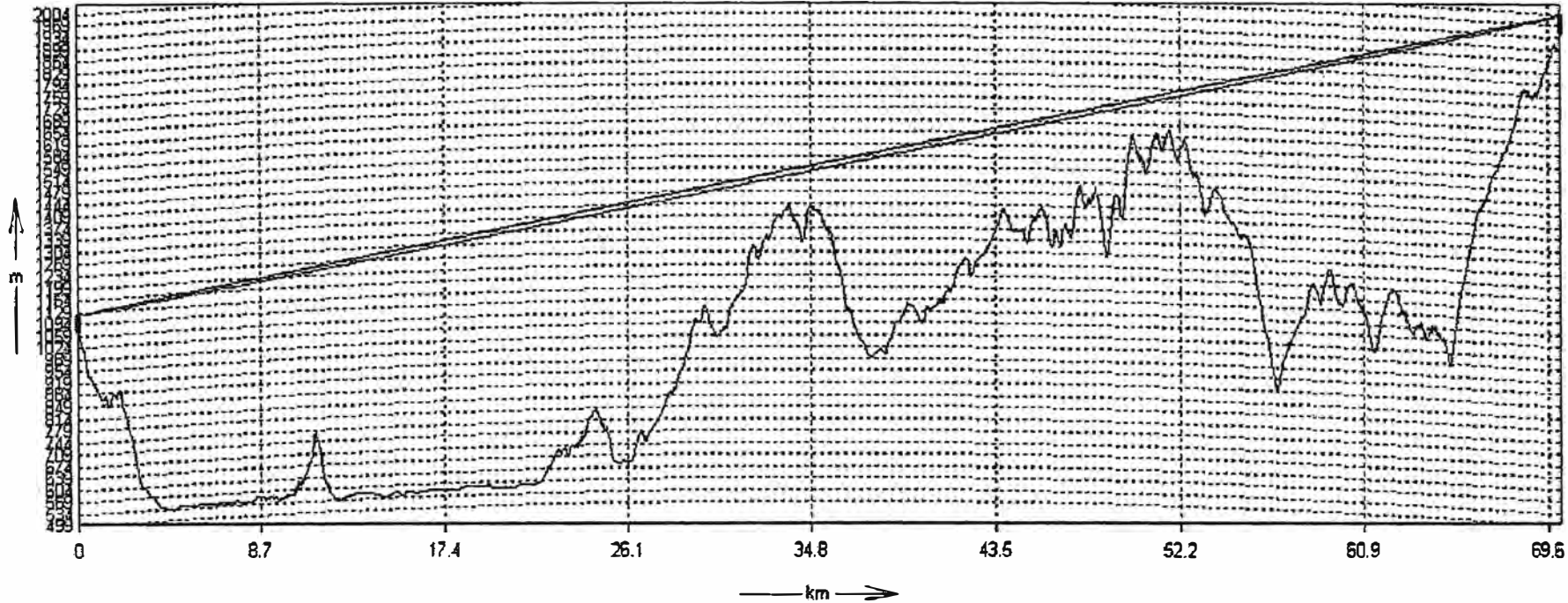


TOCACHE
 Site A
 Lat: 8 11 16.00 S
 Lon: 76 31 01.00 W
 Gr. Elev.: 501 m AMSL
 Ant. CL: 46 m AGL
 AZ: 28.17 deg.

Dist.: 67.17 km
 Freq.: 6.00 GHz
 K-Factor: 1.333
 Fresnel: 0.6
 Min. Fresnel CL: 30 m
 FS Loss: 144.57

C# 1062
 Site B
 Lat: 8 43 24.00 S
 Lon: 76 13 46.00 W
 Gr. Elev.: 1075 m AMSL
 Ant. CL: 30 m AGL
 Back AZ: 208.13 deg.

Microwave Path Profile



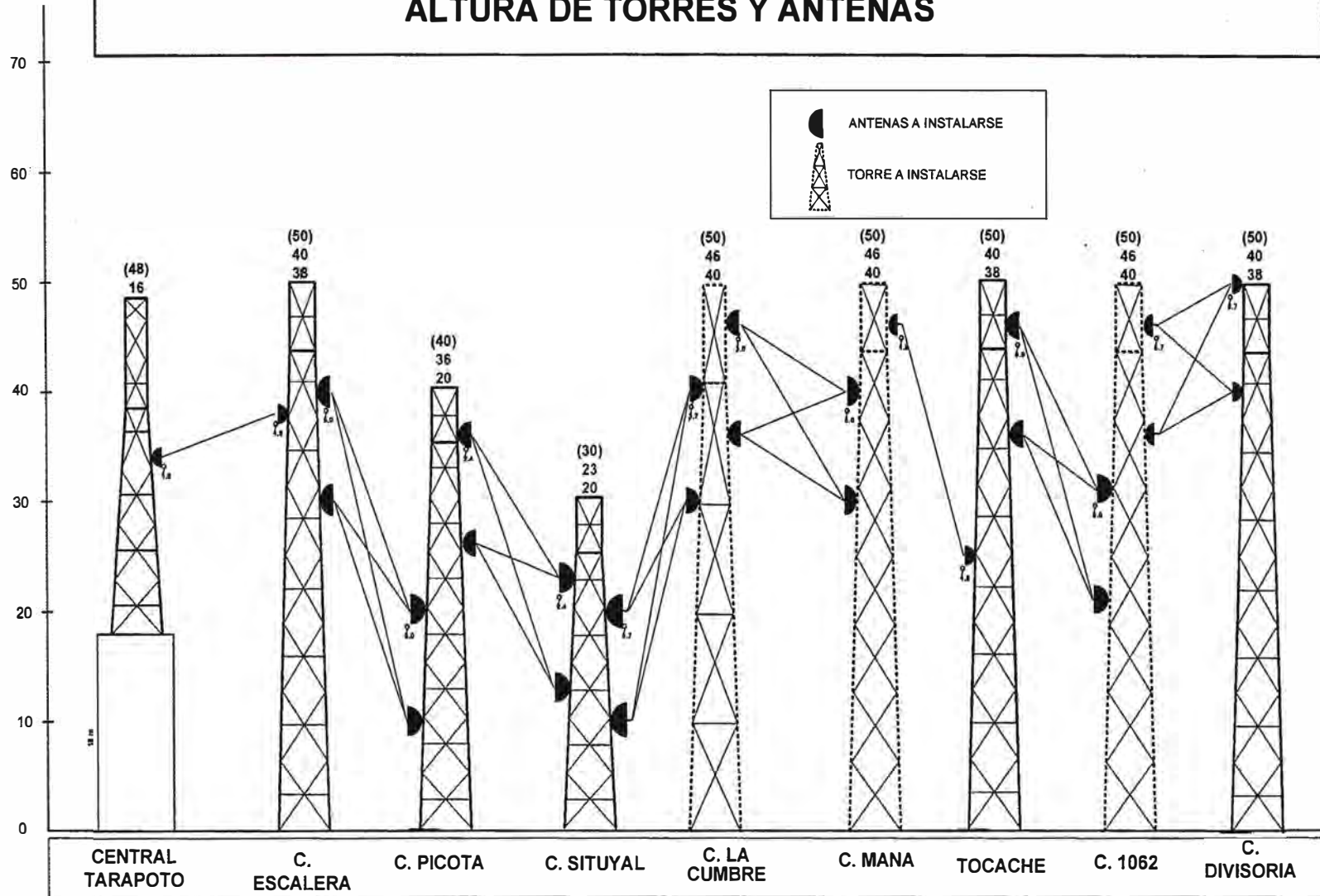
C# 1062
 Site A
 Lat: 8 43 24.00 S
 Lon: 76 13 45.00 W
 Gr. Elev.: 1075 m AMSL
 Ant. CL: 46 m AGL
 AZ: 40.07 deg.

Dist.: 70.18 km
 Freq.: 6.00 GHz
 K-Factor: 1.333
 Fresnel: 0.6
 Min. Fresnel CL: 46 m
 FS Loss: 144.95

C# LA DIVISORIA
 Site B
 Lat: 9 12 33.00 S
 Lon: 75 49 07.00 W
 Gr. Elev.: 1950 m AMSL
 Ant. CL: 50 m AGL
 Back AZ: 220.01 deg.

ANEXO F
ALTURA DE TORRES Y ANTENAS
CALCULO DE LONGITUD DE GUIA DE ONDA

ALTURA DE TORRES Y ANTENAS

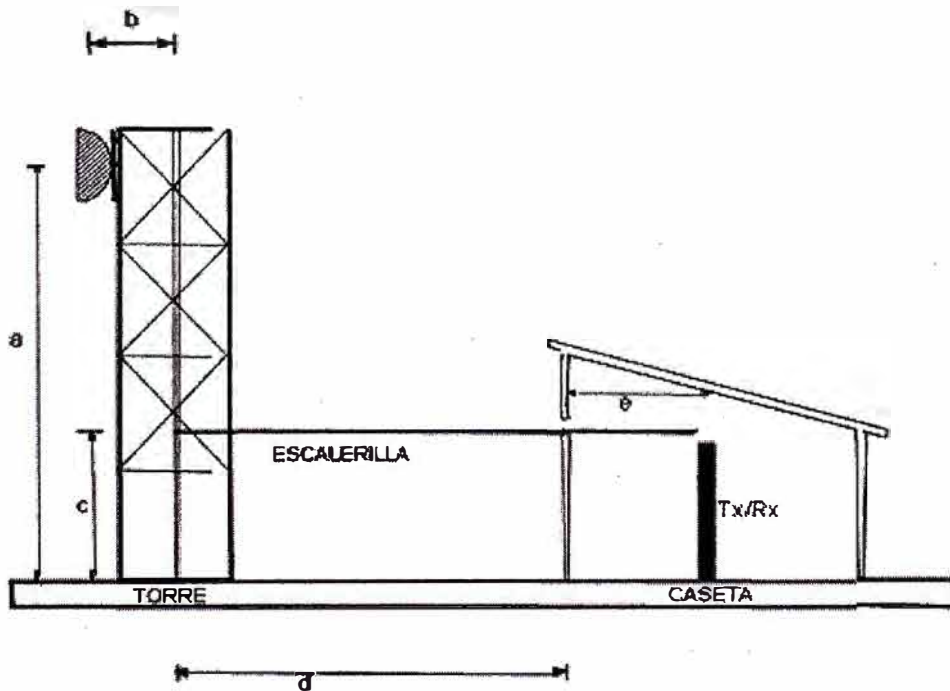


CALCULO DE LONGITUD DE GUIA DE ONDA (en metros)

| Estación | DIRECCION | A | a | b | c | d | e | l | S.M. | L. |
|-----------------------|--------------|----|------|-----|-----|------|-----|------|------------|----|
| TARAPOTO C. | C. ESCALERA | 40 | 34.0 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 39.0 | 5.0 | 43 |
| C. ESCALERA | TARAPOTO C. | 60 | 38.0 | 5.0 | 2.7 | 30.0 | 3.0 | 73.3 | 10.0 | 83 |
| | C. PICOTA | 60 | 40.0 | 5.0 | 2.7 | 30.0 | 3.0 | 75.3 | 10.0 | 85 |
| C. PICOTA (1) | C. ESCALERA | 40 | 20.0 | 2.0 | 2.7 | 20.0 | 5.0 | 44.3 | 5.0 | 49 |
| | C. SITUYAL | 40 | 36.0 | 2.0 | 2.7 | 20.0 | 5.0 | 60.3 | 5.0 | 65 |
| C. SITUYAL | C. PICOTA | 40 | 23.0 | 3.0 | 2.5 | 20.0 | 5.0 | 48.5 | 5.0 | 54 |
| | C. LA CUMBRE | 40 | 20.0 | 3.0 | 2.5 | 20.0 | 5.0 | 45.5 | 5.0 | 51 |
| C. LA CUMBRE (2) | C. SITUYAL | 50 | 40.0 | 2.0 | 2.7 | 10.0 | 5.0 | 54.3 | 5.0 | 59 |
| | C. MANA | 50 | 46.0 | 2.0 | 2.7 | 10.0 | 5.0 | 60.3 | 5.0 | 65 |
| C. MANA (2) | C. LA CUMBRE | 50 | 40.0 | 2.0 | 2.7 | 10.0 | 5.0 | 54.3 | 5.0 | 59 |
| | TOCACHE | 50 | 46.0 | 2.0 | 2.7 | 10.0 | 5.0 | 60.3 | 5.0 | 65 |
| TOCACHE | C. MANA | 50 | 25.0 | 2.0 | 2.7 | 10.0 | 5.0 | 39.3 | 5.0 | 44 |
| | C. 1062 | 50 | 46.0 | 2.0 | 2.7 | 10.0 | 5.0 | 60.3 | 5.0 | 65 |
| C. 1062 (2) | TOCACHE | 50 | 30.0 | 2.0 | 2.7 | 10.0 | 5.0 | 44.3 | 5.0 | 49 |
| | C. DIVISORIA | 50 | 46.0 | 2.0 | 2.7 | 10.0 | 5.0 | 60.3 | 5.0 | 65 |
| C. DIVISORIA | C. MANA | 60 | 50.0 | 2.0 | 2.7 | 10.0 | 5.0 | 64.3 | 5.0 | 69 |
| TOTAL G.O. (m) | | | | | | | | | 973 | |

NOTA (1) : No existe caseta, el metrado de la G.O. se ha estimado

NOTA (2) : No existen casetas ni torres, el metrado de las G.O. se ha estimado



ANEXO G

CALCULO DE PROPAGACION DE LOS RADIOENLACES

TRAMO TARAPOTO – C. LA CUMBRE

| | HOP NUMBER | 1 | 2 | 3 | 4 | 1-4 |
|----|----------------------------|-------------|-------------|------------|--------------|-------|
| | STATION A | TARAPOTO | C. ESCALERA | C. PICOTA | C. SITUYAL | |
| | STATION B | C. ESCALERA | C. PICOTA | C. SITUYAL | C. LA CUMBRE | |
| 1 | RADIO FREQUENCY [GHZ] | 6.770 | 6.770 | 6.770 | 6.770 | |
| 2 | CONFIGURATION | 1+1 | 1+1 | 1+1 | 1+1 | |
| 3 | MODULATION | 64QAM | 64QAM | 64QAM | 64QAM | |
| 4 | SYSTEM CAPACITY [MB/S] | 155.0 | 155.0 | 155.0 | 155.0 | |
| 5 | HOP DISTANCE [KM] | 8.40 | 49.94 | 43.35 | 70.97 | 172.7 |
| 6 | ELEVATION OF STATION A [M] | 340.0 | 1285.0 | 515.0 | 430.0 | |
| 7 | ELEVATION OF STATION B [M] | 1285.0 | 515.0 | 430.0 | 1175.0 | |
| 8 | PATH INCLINATION [M/KM] | 113.0 | 15.8 | 2.3 | 10.8 | |
| 9 | ANT.HEIGHT AT A [M] | 34.0 | 40.0 | 36.0 | 20.0 | |
| 10 | ANT.HEIGHT AT B [M] | 38.0 | 20.0 | 23.0 | 40.0 | |
| 11 | FEEDER LENGTH AT A [M] | 43.0 | 85.0 | 65.0 | 51.0 | |
| 12 | FEEDER LENGTH AT B [M] | 83.0 | 50.0 | 54.0 | 60.0 | |
| 13 | FEEDER LOSS PER M [DB/M] | 0.049 | 0.049 | 0.049 | 0.049 | |
| 14 | FEEDER LOSS [DB] | 6.2 | 6.6 | 5.8 | 5.4 | |
| 15 | BR CKT LOSS [DB] | 5.8 | 5.8 | 5.8 | 5.8 | |
| 16 | FREE SPACE LOSS [DB] | 127.5 | 143.0 | 141.8 | 146.0 | |
| 17 | ADDITIONAL LOSS [DB] | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 18 | TOTAL LOSS [DB] | 139.5 | 155.4 | 153.4 | 157.3 | |
| 19 | ANT.TYPE AT A | HSX6GU | HSX6GU | HSX6GU | HSX6GU | |

| | | | | | | | |
|----|------------------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| 20 | ANT.TYPE AT B | | HSX6GU | HSX6GU | HSX6GU | HSX6GU | |
| 21 | ANT.DIA. AT A | [M] | 1.8 | 3.0 | 2.4 | 3.7 | |
| 22 | ANT.DIA. AT B | [M] | 1.8 | 3.0 | 2.4 | 3.7 | |
| 23 | ANT.GAIN AT A | [DBI] | 39.6 | 43.6 | 42.0 | 45.7 | |
| 24 | ANT.GAIN AT B | [DBI] | 39.6 | 43.6 | 42.0 | 45.7 | |
| 25 | ANT.GAIN | [DBI] | 79.2 | 87.2 | 84.0 | 91.4 | |
| 26 | TX OUTPUT POWER | [DBM] | 33.0 | 33.0 | 33.0 | 33.0 | |
| 27 | RX INPUT LEVEL | [DBM] | -27.3 | -35.2 | -36.4 | -32.9 | |
| 28 | THRESHOLD (BER=10 ⁻⁶) | [DBM] | -76.0 | -76.0 | -76.0 | -76.0 | |
| 29 | FADING MARGIN | [DB] | 48.7 | 40.8 | 39.6 | 43.1 | |
| | | | | | | | |
| 30 | PATH CONDITION (MT,MS,CT,MO) | | MT | MT | MT | MT | |
| 31 | TERREIN ROUGHNESS | [M] | 42.0 | 42.0 | 42.0 | 42.0 | |
| 32 | 10 ⁻⁵ /S ^{1.3} | | 0.0000001 | 0.0000001 | 0.0000001 | 0.0000001 | |
| 33 | KQ | | 0.0000003 | 0.0000003 | 0.0000003 | 0.0000003 | |
| 34 | PR.USA | | 0.0012764 | 0.2682218 | 0.1754348 | 0.7697911 | |
| 35 | REDUCTION FACTOR | | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | |
| 36 | PR (PR.USA X REDUCTION FACTOR) | | 0.0004212 | 0.0885132 | 0.0877174 | 0.2540311 | |
| 37 | PM | | 0.0000842 | 0.0177026 | 0.0175435 | 0.0508062 | |
| 38 | PROB.OF RAYLEIGH FADING(PR) | [%] | 0.12764 | 26.82218 | 17.54348 | 76.97911 | |
| 39 | PROB.OF RAYLEIGH FADING(PM) | [%] | 0.00842 | 1.77026 | 1.75435 | 5.08062 | |
| 40 | NF | [DB] | 2.3 | 2.3 | 2.3 | 2.3 | |
| 41 | SIMBOL RATE | [MHZ] | 30.1 | 30.1 | 30.1 | 30.1 | |
| 42 | THERMAL NOISE C/N | [DB] | 69.6 | 61.6 | 60.4 | 63.9 | |
| 43 | INTERFERENCE D/U | [DB] | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 44 | THRESHOLD (BER=10 ⁻⁶) | [DB] | 20.8 | 20.8 | 20.8 | 20.8 | |
| 45 | FLAT FADING MARGIN | [DB] | 48.7 | 40.8 | 39.6 | 43.1 | |
| 46 | PN | [%] | 0.0000006 | 0.0007355 | 0.0009579 | 0.0012363 | |

| TRAMO TARAPOTO – C. LA CUMBRE | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|------------|--------------|-----|
| | HOP NUMBER | 1 | 2 | 3 | 4 | 1-4 |
| | STATION A | TARAPOTO | C. ESCALERA | C. PICOTA | C. SITUYAL | |
| | STATION B | C. ESCALERA | C. PICOTA | C. SITUYAL | C. LA CUMBRE | |
| 47 | NORMALIZED SIGNATURE METHOD | | | | | |
| 48 | TAU (MEAN VALUE) [NS] | 0.0046066 | 0.9680265 | 0.6331534 | 2.7782163 | |
| 49 | REDUCTION FACTOR FOR T/D | 0.2 | 0.2 | 1.0 | 0.2 | |
| 50 | NON-MINIMUM PHASE | | | | | |
| 51 | NORMARIZED PARAMETER K1 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | |
| 52 | MINIMUM PHASE (BY DFE) | | | | | |
| 53 | NORMARIZED PARAMETER K1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 54 | PD [%] | 0.0000000 | 0.0000721 | 0.0001529 | 0.0017054 | |
| 55 | OUTAGE TIME [%] | 0.0000006 | 0.0008076 | 0.0011109 | 0.0029417 | |
| 56 | IMPROVEMENT F/D | | | | | |
| 57 | RF CH SEPARATION [MHZ] | 80.0 | 80.0 | 80.0 | 80.0 | |
| 58 | INFD CALUCULATED | 1244.1 | 33.6 | 29.5 | 40.4 | |
| 59 | INFD | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | |
| 60 | IDFD | 25.0 | 25.0 | 25.0 | 25.0 | |
| 61 | PN WITH FD [%] | 0.0000001 | 0.0001471 | 0.0001916 | 0.0002473 | |
| 62 | PD WITH FD [%] | 0.0000000 | 0.0000029 | 0.0000061 | 0.0000682 | |
| 63 | OUTAGE TIME WITH F/D [%] | 0.0000001 | 0.0001500 | 0.0001977 | 0.0003155 | |
| 64 | S/D IMPROVEMENT (Y OR N) | N | Y | Y | Y | |
| 65 | S/D STATION (A OR B) | | | | | |
| 66 | S/D ANT. TYPE | | HSX6GU | HSX6GU | HSX6GU | |
| 67 | S/D ANT. HEIGHT [M] | 24.0 | 14.1 | 8.5 | 8.5 | |

| | | | | | | | |
|----|------------------------------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 68 | S/D ANT.DIA | [M] | | 3.0 | 2.4 | 3.7 | |
| 69 | S/D ANT.GAIN | [DB] | FALSO | 43.6 | 42.0 | 45.7 | |
| 70 | S/D ANT.SPAN(SMALLER SIDE) | [M] | 8.9 | 8.9 | 8.9 | 8.9 | |
| 71 | ANT.GAIN DEF. MAIN AND S/D | [DB] | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 72 | INSD CALCULATED | | | 155.07 | 135.93 | 186.32 | |
| 73 | INSD | | | 155.07 | 135.93 | 186.32 | |
| 74 | PN WITH F/D + S/D | [%] | | 0.0000009 | 0.0000014 | 0.0000013 | |
| 75 | REDUCTION FACTOR FOR T/D | | | 0.025 | 1.000 | 0.025 | |
| 76 | PD WITH FD + SD | [%] | | 0.0000000 | 0.0000000 | 0.0000000 | |
| | | | | WITH S/D | WITH S/D | WITH S/D | |
| 77 | OUTAGE TIME WITH F/D AND S/D | | 0.0000001 | 0.0000009 | 0.0000014 | 0.0000014 | 0.0000038 |
| 78 | OBJECTIVE VALUE (G.826) | [%] | 0.0040000 | 0.0040000 | 0.0040000 | 0.0040000 | 0.0040000 |
| 79 | OUTAGE MARGIN (PROPAGACION) | [DB] | 45.5 | 36.2 | 34.5 | 34.7 | 30.2 |

TRAMO C. LA CUMBRE – C. DIVISORIA

| | HOP NUMBER | 1 | 2 | 3 | 4 | 1-4 |
|----|----------------------------|--------------|---------|---------|--------------|-------|
| | STATION A | C. LA CUMBRE | C. MANA | TOCACHE | C. 1062 | |
| | STATION B | C. MANA | TOCACHE | C. 1062 | C. DIVISORIA | |
| 1 | RADIO FREQUENCY [GHZ] | 6.770 | 6.770 | 6.770 | 6.770 | |
| 2 | CONFIGURATION | 1+1 | 1+1 | 1+1 | 1+1 | |
| 3 | MODULATION | 64QAM | 64QAM | 64QAM | 64QAM | |
| 4 | SYSTEM CAPACITY [MB/S] | 155.0 | 155.0 | 155.0 | 155.0 | |
| 5 | HOP DISTANCE [KM] | 41.57 | 22.44 | 67.17 | 70.18 | 201.4 |
| 6 | ELEVATION OF STATION A [M] | 340.0 | 1285.0 | 501.0 | 1075.0 | |
| 7 | ELEVATION OF STATION B [M] | 1285.0 | 501.0 | 1075.0 | 1950.0 | |
| 8 | PATH INCLINATION [M/KM] | 22.6 | 35.9 | 8.3 | 12.5 | |
| 9 | ANT.HEIGHT AT A [M] | 46.0 | 46.0 | 46.0 | 46.0 | |
| 10 | ANT.HEIGHT AT B [M] | 40.0 | 25.0 | 30.0 | 50.0 | |
| 11 | FEEDER LENGTH AT A [M] | 64.0 | 63.0 | 61.0 | 66.0 | |
| 12 | FEEDER LENGTH AT B [M] | 60.0 | 40.0 | 50.0 | 70.0 | |
| 13 | FEEDER LOSS PER M [DB/M] | 0.049 | 0.049 | 0.049 | 0.049 | |
| 14 | FEEDER LOSS [DB] | 6.1 | 5.0 | 5.4 | 6.7 | |
| 15 | BR CKT LOSS [DB] | 5.8 | 5.8 | 5.8 | 5.8 | |
| 16 | FREE SPACE LOSS [DB] | 141.4 | 136.0 | 145.6 | 145.9 | |
| 17 | ADDITIONAL LOSS [DB] | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 18 | TOTAL LOSS [DB] | 153.3 | 146.9 | 156.8 | 158.4 | |
| 19 | ANT.TYPE AT A | HSX6GU | HSX6GU | HSX6GU | HSX6GU | |
| 20 | ANT.TYPE AT B | HSX6GU | HSX6GU | HSX6GU | HSX6GU | |

| | | | | | | | |
|----|--------------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| 21 | ANT.DIA. AT A | [M] | 3.0 | 1.8 | 3.0 | 3.7 | |
| 22 | ANT.DIA. AT B | [M] | 3.0 | 1.8 | 3.0 | 3.7 | |
| 23 | ANT.GAIN AT A | [DBI] | 43.6 | 39.6 | 43.6 | 45.7 | |
| 24 | ANT.GAIN AT B | [DBI] | 43.6 | 39.6 | 43.6 | 45.7 | |
| 25 | ANT.GAIN | [DBI] | 87.2 | 79.2 | 87.2 | 91.4 | |
| 26 | TX OUTPUT POWER | [DBM] | 33.0 | 33.0 | 33.0 | 33.0 | |
| 27 | RX INPUT LEVEL | [DBM] | -33.1 | -34.7 | -36.6 | -34.0 | |
| 28 | THRESHOLD (BER=10^-6) | [DBM] | -76.0 | -76.0 | -76.0 | -76.0 | |
| 29 | FADING MARGIN | [DB] | 42.9 | 41.3 | 39.4 | 42.0 | |
| | | | | | | | |
| 30 | PATH CONDITION (MT,MS,CT,MO) | | MT | MT | MT | MT | |
| 31 | TERREIN ROUGHNESS | [M] | 42.0 | 42.0 | 42.0 | 42.0 | |
| 32 | 10^-5/S^1.3 | | 0.0000001 | 0.0000001 | 0.0000001 | 0.0000001 | |
| 33 | KQ | | 0.0000003 | 0.0000003 | 0.0000003 | 0.0000003 | |
| 34 | PR.USA | | 0.1546994 | 0.0243342 | 0.6526412 | 0.7443694 | |
| 35 | REDUCTION FACTOR | | 0.3 | 0.5 | 0.5 | 0.3 | |
| 36 | PR (PR.USA X REDUCTION FACTOR) | | 0.0510508 | 0.0121671 | 0.3263206 | 0.2456419 | |
| 37 | PM | | 0.0102102 | 0.0024334 | 0.0652641 | 0.0491284 | |
| 38 | PROB.OF RAYLEIGH FADING(PR) | [%] | 15.46994 | 2.43342 | 65.26412 | 74.43694 | |
| 39 | PROB.OF RAYLEIGH FADING(PM) | [%] | 1.02102 | 0.24334 | 6.52641 | 4.91284 | |
| 40 | NF | [DB] | 2.3 | 2.3 | 2.3 | 2.3 | |
| 41 | SIMBOL RATE | [MHZ] | 30.1 | 30.1 | 30.1 | 30.1 | |
| 42 | THERMAL NOISE C/N | [DB] | 63.8 | 62.1 | 60.2 | 62.8 | |
| 43 | INTERFERENCE D/U | [DB] | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 44 | THRESHOLD (BER=10^-6) | [DB] | 20.8 | 20.8 | 20.8 | 20.8 | |
| 45 | FLAT FADING MARGIN | [DB] | 42.9 | 41.3 | 39.4 | 42.0 | |
| 46 | PN | [%] | 0.0002589 | 0.0000898 | 0.0037417 | 0.0015499 | |
| | | | | | | | |

TRAMO Cª LA CUMBRE – Cª DIVISORIA

| | HOP NUMBER | 1 | 2 | 3 | 4 | 1-4 |
|----|-----------------------------|---------------------|----------------|----------------|---------------------|------------|
| | STATION A | Cª LA CUMBRE | Cª MANA | TOCACHE | Cª 1062 | |
| | STATION B | Cª MANA | TOCACHE | Cª 1062 | Cª DIVISORIA | |
| 47 | NORMALIZED SIGNATURE METHOD | | | | | |
| 48 | TAU (MEAN VALUE) [NS] | 0.5583181 | 0.0878234 | 2.3554164 | 2.6864684 | |
| 49 | REDUCTION FACTOR FOR T/D | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | |
| 50 | NON-MINIMUM PHASE | | | | | |
| 51 | NORMARIZED PARAMETER K1 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | |
| 52 | MINIMUM PHASE (BY DFE) | | | | | |
| 53 | NORMARIZED PARAMETER K1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 54 | PD [%] | 0.0000138 | 0.0000001 | 0.0015747 | 0.0015419 | |
| 55 | OUTAGE TIME [%] | 0.0002727 | 0.0000898 | 0.0053164 | 0.0030919 | |
| 56 | IMPROVEMENT F/D | | | | | |
| 57 | RF CH SEPARATION [MHZ] | 80.0 | 80.0 | 80.0 | 80.0 | |
| 58 | INFD CALUCULATED | 66.2 | 84.3 | 18.1 | 31.5 | |
| 59 | INFD | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | |
| 60 | IDFD | 25.0 | 25.0 | 25.0 | 25.0 | |
| 61 | PN WITH FD [%] | 0.0000518 | 0.0000180 | 0.0007483 | 0.0003100 | |
| 62 | PD WITH FD [%] | 0.0000006 | 0.0000000 | 0.0000630 | 0.0000617 | |
| 63 | OUTAGE TIME WITH F/D [%] | 0.0000523 | 0.0000180 | 0.0008113 | 0.0003717 | |
| 64 | S/D IMPROVEMENT (Y OR N) | Y | N | Y | Y | |
| 65 | S/D STATION (A OR B) | | | A | A | |
| 66 | S/D ANT.TYPE | HSX6GU | | HSX6GU | HSX6GU | |
| 67 | S/D ANT.HEIGHT [M] | 24.0 | | 8.5 | 8.5 | |

| | | | | | | | |
|----|------------------------------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 68 | S/D ANT.DIA | [M] | 3.0 | | 3.0 | 3.7 | |
| 69 | S/D ANT.GAIN | [DB] | 43.6 | FALSO | 43.6 | 45.7 | |
| 70 | S/D ANT.SPAN(SMALLER SIDE) | [M] | 8.9 | 8.9 | 8.9 | 8.9 | |
| 71 | ANT.GAIN DEF. MAIN AND S/D | [DB] | 0.0 | | 0.0 | 0.0 | |
| 72 | INSD CALCULATED | | 305.26 | | 83.55 | 145.32 | |
| 73 | INSD | | 200.00 | | 83.55 | 145.32 | |
| 74 | PN WITH F/D + S/D | [%] | 0.0000003 | | 0.0000090 | 0.0000021 | |
| 75 | REDUCTION FACTOR FOR T/D | | 0.025 | | 0.025 | 0.025 | |
| 76 | PD WITH FD + SD | [%] | 0.0000000 | | 0.0000000 | 0.0000000 | |
| | | | WITH S/D | | WITH S/D | WITH S/D | |
| 77 | OUTAGE TIME WITH F/D AND S/D | | 0.0000003 | 0.0000180 | 0.0000090 | 0.0000022 | 0.0000294 |
| 78 | OBJECTIVE VALUE (G.826) | [%] | 0.0040000 | 0.0040000 | 0.0040000 | 0.0040000 | 0.0040000 |
| 79 | OUTAGE MARGIN (PROPAGACION) | [DB] | 41.9 | 23.5 | 26.5 | 32.7 | 21.3 |

ANEXO H
DATASHEET DEL SDH 5000 NEC,
ANTENAS Y GUIA DE ONDA

Empowered by Innovation

NEC

5000S

**Integrated and Compact SDH Microwave Radio System
For Long Haul Transmission**



Advanced solution for your current and future needs

System and Equipment Parameters

System Parameters

64QAM

| Frequency Band | 4 GHz | 5 GHz | U6 GHz | 8 GHz | 11 GHz |
|--|--------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
| Range (GHz) | 3.6 – 4.2 | 4.4 – 5.0 | 6.43 – 7.11 | 7.725 – 8.275 | 10.7 – 11.7 |
| Channel Spacing (MHz) | 40 | 40 | 40 | 40.74 | 40 |
| Modulation Scheme | 64QAM + LDPC | | | | |
| TX Output Power (dBm) (excluding BR CKT loss) (10W / 5W) | 33/30 | 33/30 | 33/30 | 33/30 | 30 |
| System Gain (dB at BER = 10 ⁻⁴) (excluding BR CKT Loss) (10W / 5W) | 109.0/106.0 | 109.0/106.0 | 109.0/106.0 | 108.8/105.8 | 105.5 |

128QAM

| Frequency Band | 4 GHz | L6 GHz | 7 GHz | 8 GHz |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Range (GHz) | 3.8 – 4.2 | 5.925 – 6.425 | 7.125 – 7.725 | 7.725 – 8.275 |
| Channel Spacing (MHz) | 29 | 29.65 | 28 | 29.65 |
| Modulation Scheme | 128QAM + LDPC | | | |
| TX Output Power (dBm) (excluding BR CKT loss) (10W / 5W) | 32/29 | 32/29 | 32/29 | 32/29 |
| System Gain (dB at BER = 10 ⁻⁴) (excluding BR CKT Loss) (10W / 5W) | 104.4/101.4 | 104.4/101.4 | 104.4/101.4 | 104.2/101.2 |

Equipment Parameter

| Transmission Capacity | STM-1 or OC-3 (155.52 Mbps, electrical or optical interface), GbE (throughput 150 Mbps) |
|-------------------------------------|---|
| Wayside Capacity (in RFCOH) | 64QAM System: 2 x 2.048 Mbps or 2 x 1.544 Mbps 128QAM System: 1 x 2.048 Mbps or 1 x 1.544 Mbps |
| Service Channel Capacity (in RFCOH) | 4 x 64 kbps or 1 x 192 kbps + 1 x 64 kbps |
| Power Supply Requirement | -48 VDC (-40.5 to -57 VDC) +48 VDC (+36 to +60 VDC) (Option available) -24 VDC (-20 to -35 VDC) / +24 VDC (+20 to +35 VDC) (Option Available) |
| Total Power Consumption | Approx. 250W (for 4 – U6 GHz, 1 + 1 Terminal, e/w SD) |
| Mounting Rack | ETSI – Rack |
| Dimensions | 600 (W) x 300 (D) x 2,200 (H) mm |
| Operating Temperature (Guaranteed) | -5 to +50°C |

Specifications are subject to change without prior notice.

Abbreviations

| | | | |
|---|---|---|---|
| ASP: Automatic Signal Protection | FD: Frequency Diversity | MST: Multiplex Section Termination | RST: Regenerator Section Termination |
| ATDE: Adaptive Time Domain Equalizer | FEC: Forward Error Correction | MUX: Multiplexer | SD: Space Diversity |
| BB: Base Band | FOTS: Fiber Optic Transmission System | NMS: Network Management System | SDH: Synchronous Digital Hierarchy |
| BER: Bit Error Rate | GbE: Gigabit Ethernet | NMT: Network Management Terminal | STM-1: Synchronous Transport Module level 1 |
| BRCKT: Branching Circuit | HS: Hot-Standby | OC-3: Optical Carrier level 3 | TRP: Transmitter/Receiver Equipment |
| CAPEX: Capital Expenditure | IDB: Interface Distribution Board | OPEX: Operating Expenditure | V/H-pol: Vertical/Horizontal Polarization |
| CTRL: Control | IF: Intermediate Frequency | PDH: Plesiochronous Digital Hierarchy | XPIC: Cross Polarization Interference Canceller |
| DIR: Direction | ITU: International Telecommunications Union | QAM: Quadrature Amplitude Modulation | |
| DSC: Digital Service Channel | LDPC: Low Density Parity Check | RF: Radio Frequency | |
| ETSI: European Telecommunications Standards Institute | MDP: Modulator/Demodulator Equipment | RFCOH: Radio Frame Complementary Overhead | |

The Ultimate In Speed and Capacity At The Core of Broadband Transmission



As the demand for high-volume data transmission accelerates, radio systems need capacity large enough to accommodate the evolving market.

The optimal solution for more stable, reliable long-term performance is the 5000S—the high-capacity Synchronous Digital Hierarchy (SDH) long-haul microwave radio system made by NEC for synchronous transport module level 1 (STM-1) and optical carrier level 3 (OC-3) data transmission.

NEC SDH (Synchronous Digital Hierarchy) transmission equipment for a range of configurations includes an add-drop-multiplexer and an NMS (Network Management System). Various systems applications such as N+1 Frequency Diversity (FD) / Space Diversity (SD) and Hot-Standby (HS) protection switching systems are available. Expand an existing system configuration simply by adding modules and/or sub-racks to boost transmission capacity. Up to 10 systems with MUX (Multiplexer) can be built into a single ETSI rack.

A complete NEC broadband transmission package, including training and managed service, can maximize the value of your capital and operating expenditures (CAPEX and OPEX). Upgrade speed and capacity at every stage from feasibility study to survey and up to implementation. Gain advantage and apply it on a global scale. The long-term success of your broadband transmission operation depends on it.

Total Design Concept

The NEC family of SDH system equipment features a highly compatible, unified design platform.

5000S microwave system technology is based on the longstanding integrity of NEC expertise.

With its advanced integrated design, the 5000S accommodates higher rack density than other systems of its kind.

The equipment is comprised of two main shelves on a single European Telecommunications Institute (ETSI) rack. Branching (BR) and Transmitter/Receiver Equipment (TRP) sections are built on the upper shelf and Modulator/Demodulator Equipment (MDP) and Multiplexer (MUX) sections are built on the lower shelf (Fig. 2).

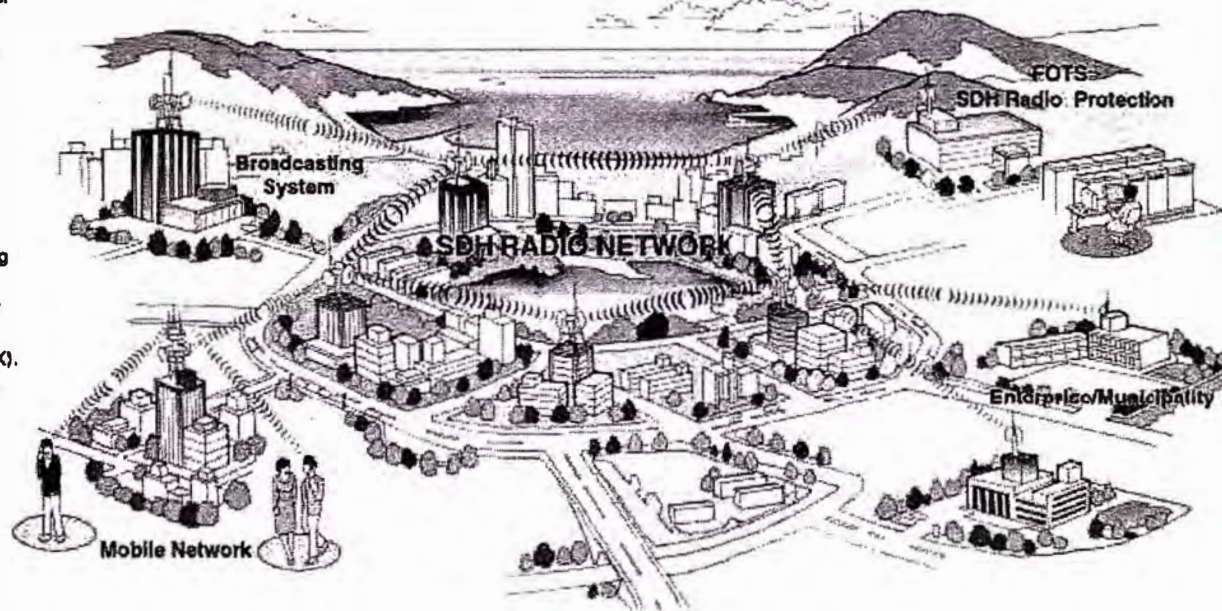


Fig-1 SDH Network Application

Key Specifications

- Frequency bands: 4 to 11 GHz
- Capacity: 155.52 Mbps per system
- Modulation: 64QAM, 128QAM
- Interface: STM-1 Electrical / Optical, GbE (with built-in MUX)
- SDH Termination: RST (MST available with built-in MUX)
- Configuration:
 - N + 0 (N: 1 to 10), N + 1 (N: 1 to 9)
 - Back to Back: 2 x (N + 0) (N: 1 to 5), 2 x (N + 1) (N: 1 to 4)
 - Repeater: 2 x (N + 0) (N: 1 to 5), 2 x (N + 1) (N: 1 to 4)
 - MXPIC system: 2 x (N + 1) (N: 1 to 4)
 - 1 + 1 Hot-Standby / Twin Path / Space Diversity
 - 2 x (1 + 1) Hot-Standby / Twin Path / Space Diversity (Repeater)
- SD Constitution: IF Combined (up to 3 antennas)
- Accommodation: Maximum 10 systems in ETSI rack including MUX
 - 1 - 5 sys (Natural cooling)
 - 6 - 10 sys (Long life FAN cooling)

Main Features

- Excellent characteristics
 - Enhanced modem characteristics
 - Automatic Transmit Power Control
 - Automatic Protection Switch for optical interface
 - Adaptive Equalizer (Adaptive Time Domain Equalizer (ATDE) is applied.)
 - Space Diversity system, available to retrofit
 - Redundant configuration of XPIC equipment
- Improved Error Correction Performance with FEC
 - Low Density Parity Check (LDPC) Codes are employed as a forward error correction (FEC) to ensure a superior error correction performance.
- Abundant Digital Service Channels and Wayside Traffic
 - DSC: 1ch 64 kbps + 1ch 192 kbps or 4ch 64 kbps
 - WS: 1ch (128QAM) 2 Mbps or 2ch (64QAM) 1.5 Mbps
- Alarm, Status and Performance Monitoring
 - Built-in Performance Monitoring function
 - The operator can perform monitoring and control functions by using the NMT (Network Management Terminal), or by using a Network Management System (NMS).
- Built-in MUX for 5000S (V-Node S*)
 - NEC's SpectraWave® Versatile Node Small Multiplexer (V-Node S) offers various types of traffic interfaces such as PDH, SDH and Gigabit Ethernet with flexible network configurations of linear, ring, multiple rings, etc.
 - *Not applicable to OC-3
- Conforms to latest standards (ITU/ETSI)

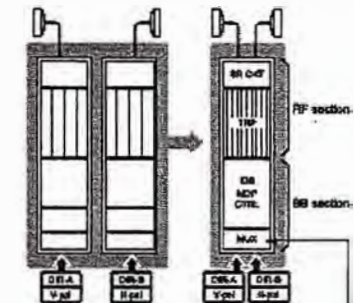


Fig-2 System Downsizing

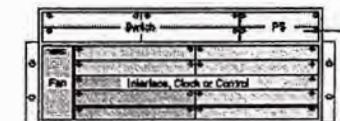


Fig-3 V-Node S (Built-in MUX for 5000S)

6. PERFORMANCE AND CHARACTERISTICS

6.1 64 QAM Systems

| Item | 4 GHz | 5 GHz | U6 GHz | 8 GHz | 11 GHz | Guaranteed |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|
| Frequency Plan | 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 | |
| Channel Spacing | 40 MHz | 40 MHz | 40 MHz | 40.74 MHz | 40 MHz | - |
| TX Power (excluding BR CKT Loss) | | | | | | |
| (5W) (dBm) | +30.0 | +30.0 | +30.0 | +30.0 | +30.0 | ±1.0 dB |
| (10W) (dBm)*1 | +33.0 | +33.0 | +33.0 | +33.0 | - | ±1.0 dB |
| Noise Figure (dB) | 2.3 | 2.3 | 2.3 | 2.5 | 2.8 | +1.0 dB |
| C/N vs. BER | | | | | | |
| 10 ⁻³ (dB) | 20.1 | 20.1 | 20.1 | 20.1 | 20.1 | +2 dB |
| 10 ⁻⁶ (dB) | 20.8 | 20.8 | 20.8 | 20.8 | 20.8 | +3 dB |
| RSL Overload (excluding BR CKT Loss) | | | | | | |
| 10 ⁻³ (dBm) | -15.0 | -15.0 | -15.0 | -15.0 | -15.0 | -2 dB |
| RSL vs. BER (excluding BR CKT Loss) | | | | | | |
| 10 ⁻³ (dBm) | -76.7 | -76.7 | -76.7 | -76.5 | -76.2 | +3.0 dB |
| 10 ⁻⁶ (dBm) | -76.0 | -76.0 | -76.0 | -75.8 | -75.5 | +4.0 dB |
| System Gain (excluding BR CKT Loss) | | | | | | |
| (5W) 10 ⁻³ (dB) | 106.7 | 106.7 | 106.7 | 106.5 | 106.2 | -3.0 dB |
| 10 ⁻⁶ (dB) | 106.0 | 106.0 | 106.0 | 105.8 | 105.5 | -4.0 dB |
| (10W) 10 ⁻³ (dB) | 109.7 | 109.7 | 109.7 | 109.5 | - | -3.0 dB |
| 10 ⁻⁶ (dB) | 109.0 | 109.0 | 109.0 | 108.8 | - | -4.0 dB |
| R-BER | 10 ⁻¹³ | 10 ⁻¹³ | 10 ⁻¹³ | 10 ⁻¹³ | 10 ⁻¹³ | 10 ⁻¹² |
| BR CKT Loss *2 | | | | | | |
| 1+0 (dB) | 5.3 | 5.2 | 5.4 | 6.4 | 8.0 | +1.0 dB |
| 1+1 (dB) | 5.8 | 5.6 | 5.8 | 6.9 | 8.3 | +1.0 dB |
| 1+2 (dB) | 6.1 | 6.0 | 6.3 | 7.3 | 8.6 | +1.0 dB |
| 1+3 (dB) | 6.5 | 6.3 | 6.6 | - | 8.9 | +1.0 dB |
| 1+4 (dB) | - | - | - | - | 9.2 | +1.0 dB |
| 1+5 (dB) | - | - | - | - | 9.5 | +1.0 dB |
| Tunable Range | Half band | | | | | |
| Waveguide Interface | UDR-40 | UDR-48 | UDR-70 | UDR-84 | UDR-100 | - |

*1 High Power Option

*2 Shows the BR CKT Loss values included of Low Loss Cable loss. Loss of the BEF used to eliminate RF interference signal between Transmitter and Receiver is not included. BEF should be applied in case of the channel allocation as follows, highest channel in lower half band and lowest channel in upper half band are used in the same time..

6.2 128 QAM Systems

| Item | 4 GHz | L6 GHz | 7 GHz | 8 GHz | Guaranteed |
|---|-------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|
| Frequency Plan | ITU-R F.382-7 | ITU-R F.383-5 | ITU-R F.385-6 | ITU-R F.386-5 ANNEX 1 | |
| Channel Spacing | 29 MHz | 29.65 MHz | 28 MHz | 29.65 MHz | - |
| TX Power (excluding BR CKT Loss) | | | | | |
| (5W) (dBm) | +29.0 | +29.0 | +29.0 | +29.0 | ±1.0 dB |
| (10W) (dBm)*1 | +32.0 | +32.0 | +32.0 | +32.0 | ±1.0 dB |
| Noise Figure (dB) | 2.3 | 2.3 | 2.3 | 2.5 | +1.0 dB |
| C/N vs. BER | | | | | |
| 10 ⁻³ (dB) | 24.6 | 24.6 | 24.6 | 24.6 | +2.0 dB |
| 10 ⁻⁵ (dB) | 25.3 | 25.3 | 25.3 | 25.3 | +3.0 dB |
| RSL Overload (excluding BR CKT Loss) | | | | | |
| 10 ⁻³ (dBm) | -15.0 | -15.0 | -15.0 | -15.0 | -2 dB |
| RSL vs. BER (excluding BR CKT Loss) | | | | | |
| 10 ⁻³ (dBm) | -73.1 | -73.1 | -73.1 | -72.9 | +3.0 dB |
| 10 ⁻⁶ (dBm) | -72.4 | -72.4 | -72.4 | -72.2 | +4.0 dB |
| System Gain (excluding BR CKT Loss) | | | | | |
| (5W) 10 ⁻³ (dB) | 102.1 | 102.1 | 102.1 | 101.9 | -3.0 dB |
| 10 ⁻⁶ (dB) | 101.4 | 101.4 | 101.4 | 101.2 | -4.0 dB |
| (10W) 10 ⁻³ (dB) *1 | 105.1 | 105.1 | 105.1 | 104.9 | -3.0 dB |
| 10 ⁻⁶ (dB) | 104.4 | 104.4 | 104.4 | 104.2 | -4.0 dB |
| R-BER | 10 ⁻¹³ | 10 ⁻¹³ | 10 ⁻¹³ | 10 ⁻¹³ | 10 ⁻¹² |
| BR CKT Loss *2 | | | | | |
| 1+0 (dB) | 5.8 | 5.4 | 6.5 | 6.9 | +1.0 dB |
| 1+1 (dB) | 6.2 | 5.8 | 6.9 | 7.3 | +1.0 dB |
| 1+2 (dB) | 6.6 | 6.3 | 7.3 | 7.8 | +1.0 dB |
| 1+3 (dB) | - | 6.6 | - | 8.1 | +1.0 dB |
| Tunable Range | Half band | | | | |
| Waveguide Interface | UDR-40 | UDR-58 UDR-70(*3) | UDR-70 UDR-84(*3) | UDR-84 | - |

*1 High Power Option

*2 Shows the BR CKT Loss values included of Low Loss Cable loss. Loss of the BEF used to eliminate RF interference signal between Transmitter and Receiver is not included. BEF should be applied in case of the channel allocation as follows, highest channel in lower half band and lowest channel in upper half band are used in the same time..

*3 Optional Flange

Product Specifications

EWP63S

EWP63, HELIAX® Super 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 | 855.0 L/km 9.2 ft ³ /kft |
| Cable Weight | 0.76 kg/m 0.51 lb/ft |
| Diameter Over Jacket (E Plane) | 51.10 mm 2.01 in |
| Diameter Over Jacket (H Plane) | 29.50 mm 1.16 in |

Electrical Specifications

| | |
|--------------------------|---|
| Operating Frequency Band | 6.425 – 7.125 GHz |
| eTE11 Mode Cutoff | 4.001 GHz |
| Group Delay | 126 ns/100 ft @ 6.775 GHz 413 ns/100 m @ 6.775 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) | 740.00 mm 29.00 in |
| Minimum Bend Radius, Single Bend (E Plane) | 180.00 mm 7.00 in |

Product Specifications

EWP63S



Minimum Bend Radius, Single Bend (H Plane) 510.00 mm | 20.00 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 |

VSWR/Return Loss Performance

Note VSWR/Return Loss indicated is for lengths up to 300 ft (91.4 m), guaranteed for factory-fit and typical for field-fit assemblies | Custom length performance: Call +1-800-255-1479 (N. America), +1-779-435-6500 (Int'l.), or your local Andrew representative

Return Loss

| Frequency Band | VSWR | Return Loss (dB) |
|-----------------|------|------------------|
| 6.425-7.125 GHz | 1.05 | 32.30 |

Attenuation

| Frequency (GHz) | Attenuation (dB/100 ft) | Attenuation (dB/100 m) | Average Power (kW) | Group Velocity % |
|-----------------|-------------------------|------------------------|--------------------|------------------|
| 6.4 | 1.396 | 4.58 | 4.739 | 78.2 |
| 6.6 | 1.37 | 4.496 | 4.828 | 79.7 |
| 6.8 | 1.348 | 4.423 | 4.908 | 81 |
| 7 | 1.329 | 4.36 | 4.979 | 82.2 |

Regulatory Compliance/Certifications

| Agency | Classification |
|----------------------------|---|
| RoHS 2002/95/EC | Compliant |
| China RoHS SJ/T 11364-2006 | Below Maximum Concentration Value (MCV) |



Product Specifications



HSX6-64-D4A/B

1.8 m | 6 ft High Performance, Super High XPD Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized, 6.425–7.125 GHz, PDR70, gray antenna, enhanced white radome without flash, standard pack—one-piece reflector



CHARACTERISTICS

General Specifications

| | |
|------------------------|---|
| Antenna Input | PDR70 |
| Packing | Standard pack |
| Radome Color | White |
| Radome Material | Enhanced |
| Reflector Construction | One-piece reflector |
| Antenna Color | Gray |
| Antenna Type | HSX - High Performance, Super High XPD Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized |
| Diameter, nominal | 1.8 m 6 ft |
| Flash Included | No |
| Polarization | Dual |

Electrical Specifications

| | |
|--|---|
| Beamwidth, Horizontal | 1.7 ° |
| Beamwidth, Vertical | 1.7 ° |
| Cross Polarization Discrimination (XPD) | 40 dB |
| Electrical Compliance | ETSI Class 3 US FCC Part 101A US FCC Part 74A |
| Front-to-Back Ratio | 70 dB |
| Gain, Low Band | 39.1 dBi |
| Gain, Mid Band | 39.6 dBi |
| Gain, Top Band | 40.0 dBi |
| Operating Frequency Band | 6.425 – 7.125 GHz |
| Radiation Pattern Envelope Reference (RPE) | 2452A 2454A |
| Return Loss | 29.4 dB |

www.commscope.com/andrew

Join the Evolution

©2010 CommScope, Inc. All rights reserved.
All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks or trademarks, respectively, of CommScope. All specifications are subject to change.
See www.commscope.com/andrew for the most current information.

page 1 of 5
7/6/2010

Product Specifications

HSX6-64-D4A/B

VSWR

1.07



Mechanical Specifications

| | |
|-------------------------------|--------------------|
| Fine Azimuth Adjustment | ±15° |
| Fine Elevation Adjustment | ±20° |
| Mounting Pipe Diameter | 115 mm 4.5 in |
| Net Weight | 145 kg 320 lb |
| Side Struts, Included | 1 inboard |
| Side Struts, Optional | 1 inboard |
| Wind Velocity Operational | 110 km/h 68 mph |
| Wind Velocity Survival Rating | 200 km/h 124 mph |

Wind Forces At Wind Velocity Survival Rating

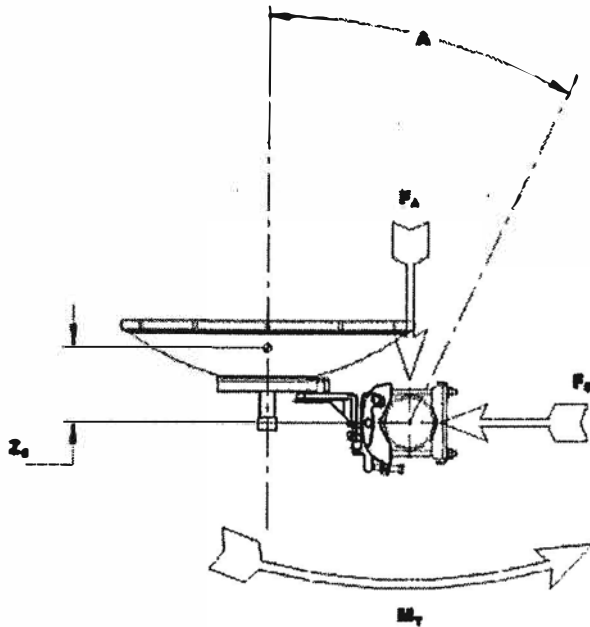
| | |
|---------------------------------------|-------------------|
| Angle α for MT Max | -130 ° |
| Axial Force (FA) | 7744 N 1741 lbf |
| Side Force (FS) | 3836 N 862 lbf |
| Twisting Moment (MT) | 2955 N•m |
| Weight with 1/2 in (12 mm) Radial Ice | 620 kg 1367 lb |
| Zcg with 1/2 in (12 mm) Radial Ice | 660 mm 26 in |
| Zcg without Ice | 466 mm 18 in |

Product Specifications

HSX6-64-D4A/B



Wind Forces At Wind Velocity Survival Rating Image



Packed Dimensions

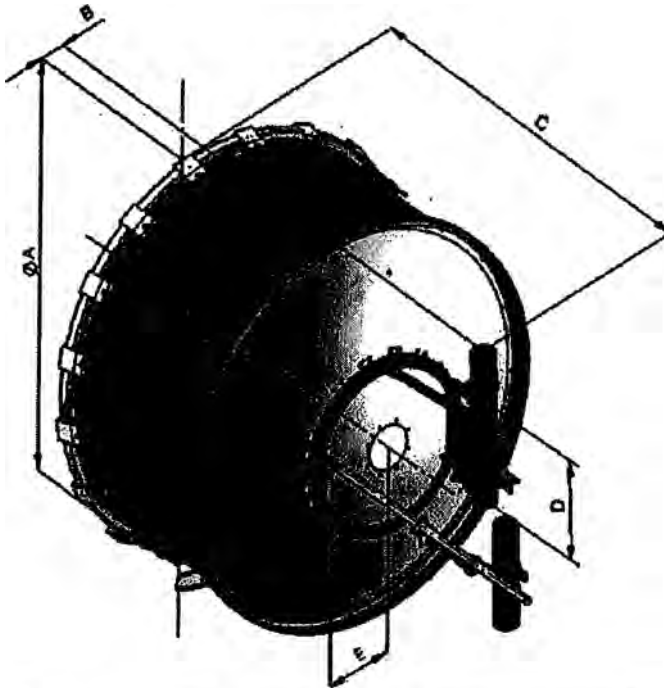
| | |
|------------------------------|---------------------|
| Gross Weight, Packed Antenna | 308.0 kg 679.0 lb |
| Height | 2120.0 mm 83.5 in |
| Length | 2070.0 mm 81.5 in |
| Volume | 3.9 m ³ |
| Width | 880.0 mm 34.6 in |

Product Specifications

HSX6-64D4A/B



Antenna Dimensions And Mounting Information



| Dimensions in Inches (mm) | | | | | |
|---------------------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|
| Antenna Size, ft (m) | A | B | C | D | E |
| 6 (1.8) | 77.5 (1970) | 17.1 (435) | 53.3 (1365) | 19.3 (490) | 11.7 (296) |

* 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

HSX664-D4A/B



| | |
|--|---|
| | 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. |

Product Specifications



HSX8-64-D3A

8 ft High Performance, Super High XPD Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized, 6.425–7.125 GHz, PDR 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 | PDR70 |
| Antenna Type | HSX - High Performance, Super High XPD 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 | 6.425 – 7.125 GHz |
| Gain, Top Band | 42.4 dBi |
| Gain, Mid Band | 42.0 dBi |
| Gain, Low Band | 41.6 dBi |
| Front-to-Back Ratio | 75 dB |
| Cross Polarization Discrimination (XPD) | 40 dB |
| Beamwidth, Horizontal | 1.3 ° |
| Beamwidth, Vertical | 1.3 ° |
| VSWR | 1.06 |
| Return Loss | 30.7 dB |
| Radiation Pattern Envelope Reference (RPE) | 2456A 2456B 2458A 2458B |
| Electrical Compliance | US FCC Part 101A US FCC Part 74A ETSI Class 3 |

Mechanical Specifications

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 for the most current information.

page 1 of 4
11/25/2008

Product Specifications



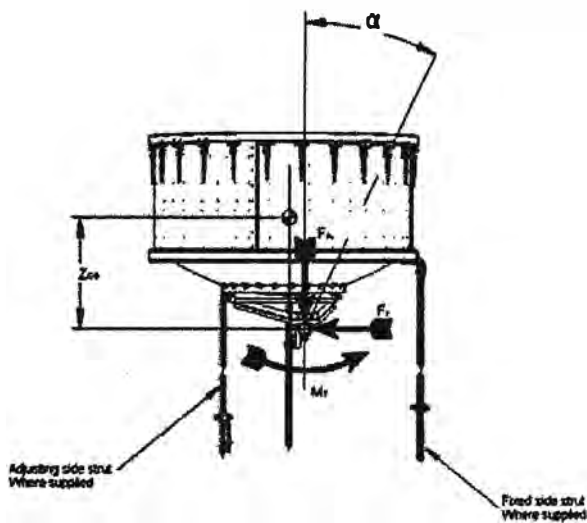
HSX8-64-D3A

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

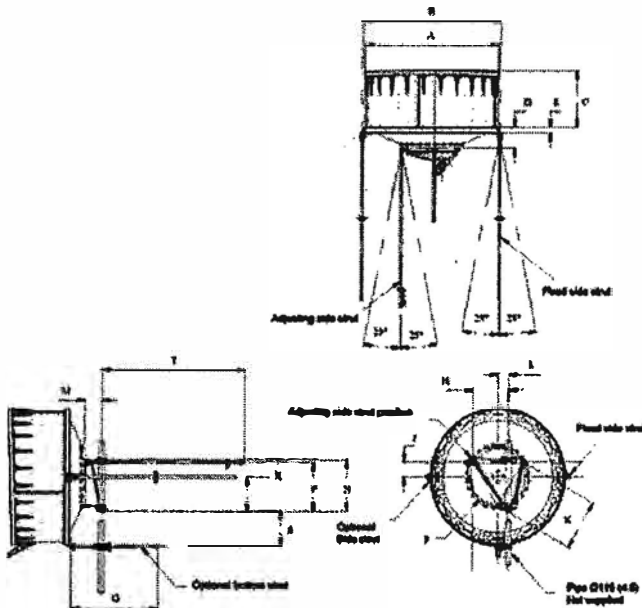
| | |
|------------------------------|----------------------|
| Gross Weight, Packed Antenna | 461.0 kg 1016.3 lb |
| Length | 2720.0 mm 107.1 in |
| Width | 1200.0 mm 47.2 in |
| Height | 2540.0 mm 100.0 in |
| Volume | 8.3 m ³ |

Product Specifications

HSX8-64-D3A



Antenna Dimensions And Mounting Information



| ANTENNA DIMENSIONS All dimensions in mm (inches) | | | |
|---|--------------|---|------------|
| A | 2866 (112.8) | K | 990 (37.9) |
| B | 2705 (106.5) | L | 300 (9) |
| C | 1060 (41.73) | M | 300 (11) |
| D | 266 (10.5) | N | 990 (37.9) |
| E | 126 (5.0) | P | 686 (26.9) |
| F | 1100 (43.29) | R | 625 (24.5) |
| G | 1825 (69) | S | 686 (26.9) |
| H | 690 (26.78) | T | 3060 (120) |
| J | 275 (10.78) | | |

* 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

HSX8-64-D3A



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.

Product Specifications



HSX10-64-D4M

3.0 m | 10 ft High Performance, Super High XPD Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized, 6.425–7.125 GHz, PDR70, gray antenna, enhanced white radome without flash, standard pack—two-piece reflector



CHARACTERISTICS

General Specifications

| | |
|------------------------|---|
| Antenna Input | PDR70 |
| Packing | Standard pack |
| Radome Color | White |
| Radome Material | Enhanced |
| Reflector Construction | Two-piece reflector |
| Antenna Color | Gray |
| Antenna Type | HSX - High Performance, Super High XPD Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized |
| Diameter, nominal | 3.0 m 10 ft |
| Flash Included | No |
| Polarization | Dual |

Electrical Specifications

| | |
|--|---|
| Beamwidth, Horizontal | 1.0 ° |
| Beamwidth, Vertical | 1.0 ° |
| Cross Polarization Discrimination (XPD) | 40 dB |
| Electrical Compliance | ETSI Class 3 US FCC Part 101A US FCC Part 74A |
| Front-to-Back Ratio | 77 dB |
| Gain, Low Band | 43.2 dBi |
| Gain, Mid Band | 43.6 dBi |
| Gain, Top Band | 44.0 dBi |
| Operating Frequency Band | 6.425 – 7.125 GHz |
| Radiation Pattern Envelope Reference (RPE) | 2459A 2461A |
| Return Loss | 30.7 dB |

www.commscope.com/andrew

Join the Evolution

©2010 CommScope, Inc. All rights reserved.
All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks or trademarks, respectively, of CommScope. All specifications are subject to change.
See www.commscope.com/andrew for the most current information.

page 1 of 5
7/6/2010

Product Specifications



HSX10-64-D4M

VSWR . 1.06

Mechanical Specifications

| | |
|-------------------------------|------------------------|
| Fine Azimuth Adjustment | ±5° |
| Fine Elevation Adjustment | ±5° |
| Mounting Pipe Diameter | 115 mm 4.5 in |
| Net Weight | 261 kg 575 lb |
| Side Struts, Included | 1 inboard 1 outboard |
| Side Struts, Optional | 2 outboard |
| Wind Velocity Operational | 110 km/h 68 mph |
| Wind Velocity Survival Rating | 200 km/h 124 mph |

Wind Forces At Wind Velocity Survival Rating

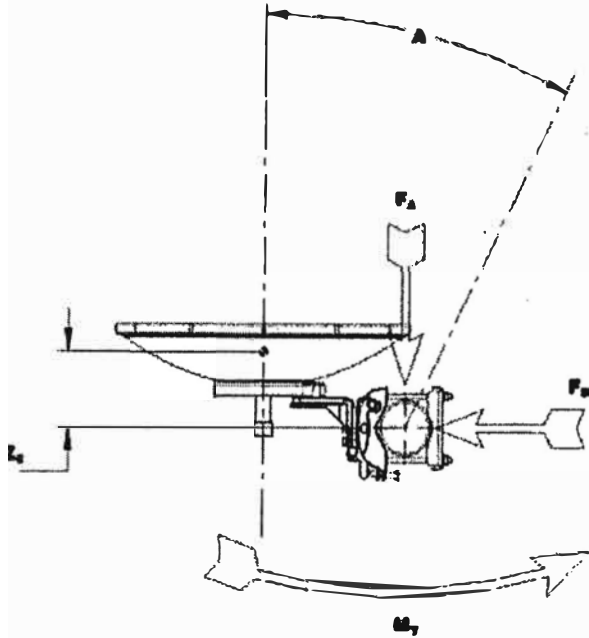
| | |
|---------------------------------------|--------------------|
| Angle α for MT Max | -110 ° |
| Axial Force (FA) | 17632 N 3964 lbf |
| Force on Inboard Strut Side | 5870 N 1320 lbf |
| Force on Outboard Strut Side | 8840 N 1987 lbf |
| Side Force (FS) | 8734 N 1963 lbf |
| Twisting Moment (MT) | -8630 N•m |
| Weight with 1/2 in (12 mm) Radial Ice | 577 kg 1272 lb |
| Zcg with 1/2 in (12 mm) Radial Ice | 818 mm 32 in |
| Zcg without Ice | 767 mm 30 in |

Product Specifications

HSX1064-D4M



Wind Forces At Wind Velocity Survival Rating Image



Packed Dimensions

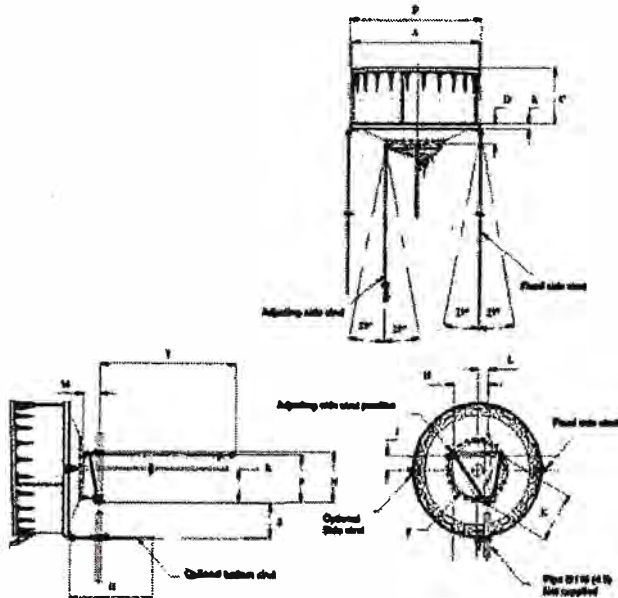
| | |
|------------------------------|----------------------|
| Gross Weight, Packed Antenna | 513.0 kg 1131.0 lb |
| Height | 1930.0 mm 76.0 in |
| Length | 3140.0 mm 123.6 in |
| Volume | 7.7 m ³ |
| Width | 1170.0 mm 46.1 in |

Product Specifications

HSX10-64-D4M



Antenna Dimensions And Mounting Information



| ANTENNA DIMENSIONS All dimensions in mm (inches) | | | |
|---|--------------|---|-------------|
| A | 3189 (124.9) | K | 950 (37.5) |
| B | 3019 (119.0) | L | 200 (8) |
| C | 450 (17.7) | M | 330 (13) |
| D | 615 (24.2) | N | 950 (37.5) |
| E | 140 (5.5) | P | 685 (27.0) |
| F | 1100 (43.3) | R | 625 (24.6) |
| G | 1828 (72) | S | 1000 (39.4) |
| H | 680 (26.8) | T | 3000 (118) |
| J | 275 (10.8) | | |

* 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

www.commscope.com/andrew

Join the Evolution

©2010 CommScope, Inc. All rights reserved.
All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks or trademarks, respectively, of CommScope. All specifications are subject to change.
See www.commscope.com/andrew for the most current information.

Product Specifications



HSX10-64-D4M

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.

Product Specifications



HSX12-64-D3M

12 ft High Performance, Super High XPD Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized, 6.425–7.125 GHz, PDR flange, gray antenna, enhanced white radome with flash, standard pack—two-piece reflector



CHARACTERISTICS

General Specifications

| | |
|-----------------------------|---|
| Diameter, nominal | 3.7 m 12 ft |
| Antenna Input | PDR70 |
| Antenna Type | HSX - High Performance, Super High XPD Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized |
| Polarization | Dual |
| Reflector Construction | Two-piece reflector |
| Antenna Color | Gray |
| Radome Color | White |
| Radome Material Description | Enhanced |
| Flash Included | Yes |
| Packing | Standard pack |

Electrical Specifications

| | |
|--|---|
| Operating Frequency Band | 6.425 – 7.125 GHz |
| Gain, Top Band | 46.1 dBi |
| Gain, Mid Band | 45.7 dBi |
| Gain, Low Band | 45.2 dBi |
| Front-to-Back Ratio | 78 dB |
| Cross Polarization Discrimination (XPD) | 40 dB |
| Beamwidth, Horizontal | 0.8 ° |
| Beamwidth, Vertical | 0.8 ° |
| VSWR | 1.06 |
| Return Loss | 30.7 dB |
| Radiation Pattern Envelope Reference (RPE) | 2470A 2470B 2471A 2471B |
| Electrical Compliance | US FCC Part 101A US FCC Part 74A ETSI Class 3 |

Mechanical Specifications

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 for the most current information.

page 1 of 4
11/25/2008

Product Specifications

HSX1264-D3M

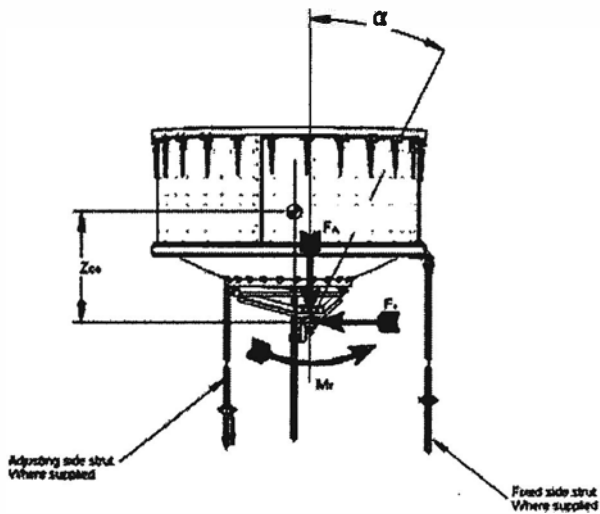


| | |
|-------------------------------|------------------------|
| Wind Velocity Operational | 112 km/h 70 mph |
| Wind Velocity Survival Rating | 200 km/h 124 mph |
| Fine Azimuth Adjustment | $\pm 5^\circ$ |
| Fine Elevation Adjustment | $\pm 5^\circ$ |
| Mounting Pipe Diameter | 115 mm 4.5 in |
| Side Struts, Included | 1 outboard 1 inboard |
| Side Struts, Optional | 2 outboard |
| Net Weight | 431 kg 950 lb |

Wind Forces At Wind Velocity Survival Rating

| | |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Axial Force (FA) | 5708 lbf 25390 N |
| Side Force (FS) | 2827 lbf 12577 N |
| Twisting Moment (MT) | -14132 N•m -10423 lb/ft |
| Angle α for MT Max | -110 ° |
| Force on Inboard Strut Side | 8000 N 1798 lbf |
| Force on Outboard Strut Side | 11500 N 2585 lbf |
| Zcg without Ice | 808 mm 32 in |
| Zcg with 1/2" (12 mm) Radial Ice | 914 mm 36 in |
| Weight with 1/2" (12 mm) Radial Ice | 895 kg 1973 lb |

Wind Forces At Wind Velocity Survival Rating Image



Packed Dimensions

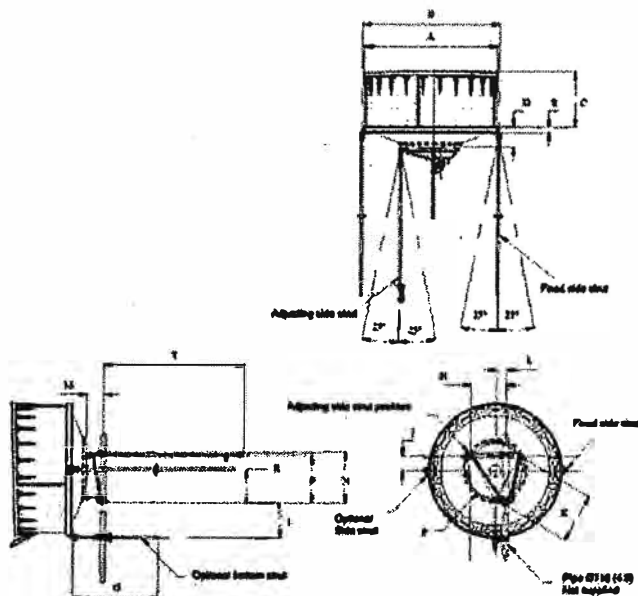
| | |
|------------------------------|----------------------|
| Gross Weight, Packed Antenna | 730.0 kg 1609.4 lb |
| Length | 3990.0 mm 157.1 in |
| Width | 1530.0 mm 60.2 in |
| Height | 2140.0 mm 84.3 in |
| Volume | 13.1 m ³ |

Product Specifications

HSX12-64-D3M



Antenna Dimensions And Mounting Information



| ANTENNA DIMENSIONS All dimensions in mm (inches) | | | |
|---|--------------|---|--------------|
| A | 375 (14.8) | K | 1205 (47.5) |
| B | 3015 (119.1) | L | 215 (8.5) |
| C | 1000 (43.3) | M | 300 (12) |
| D | 605 (27.8) | N | 1225 (48.25) |
| E | 145 (5.75) | P | 1145 (45.1) |
| F | 1430 (56.25) | R | 700 (27.6) |
| G | 1425 (56) | S | 1140 (44.7) |
| H | 635 (25) | T | 3060 (120) |
| J | 365 (14.4) | | |

* 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

HSX1264D3M



| | |
|---|---|
| | 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. |

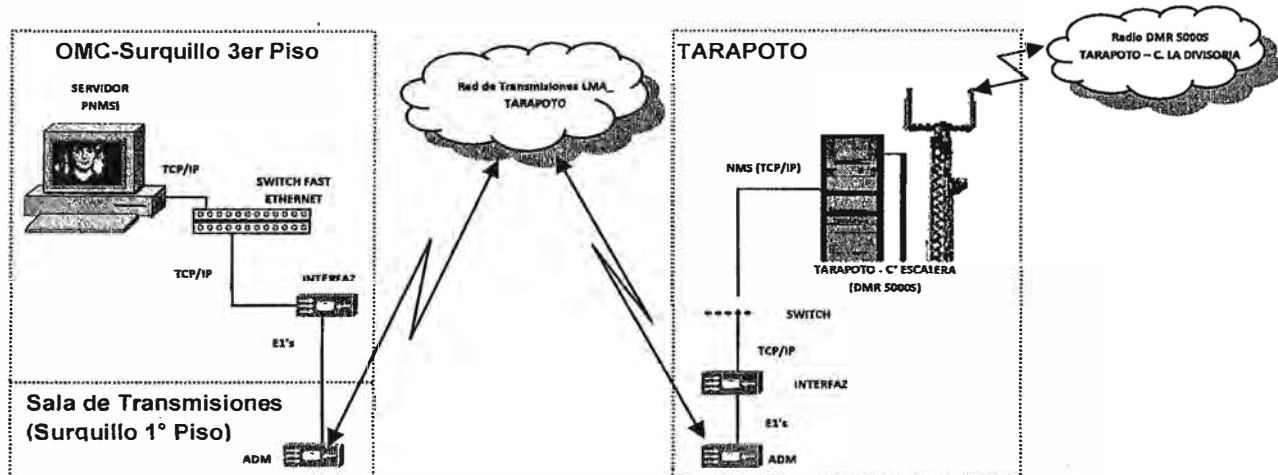
ANEXO I
GESTION PNMSJ SDH DMR 5000S
TARAPOTO – C. DIVISORIA

Gestión PNMSj radios SDH DMR 5000S enlace C. Divisoria – Tarapoto

Para la gestión los enlaces de radio SDH DMR 5000S del Proyecto Tarapoto – C. Divisoria se puede optar por las opciones siguientes:

- I. Usando un E1 (2.048 Mbps) de la red de Transmisión de TDP del OMC-Surquillo a Tarapoto (asignación de un E1 en el ADM en Tarapoto), como se muestra en el gráfico adjunto.

Gestión de los enlaces de radio SDH DMR 5000S TARAPOTO – C° LA DIVISORIA usando E1

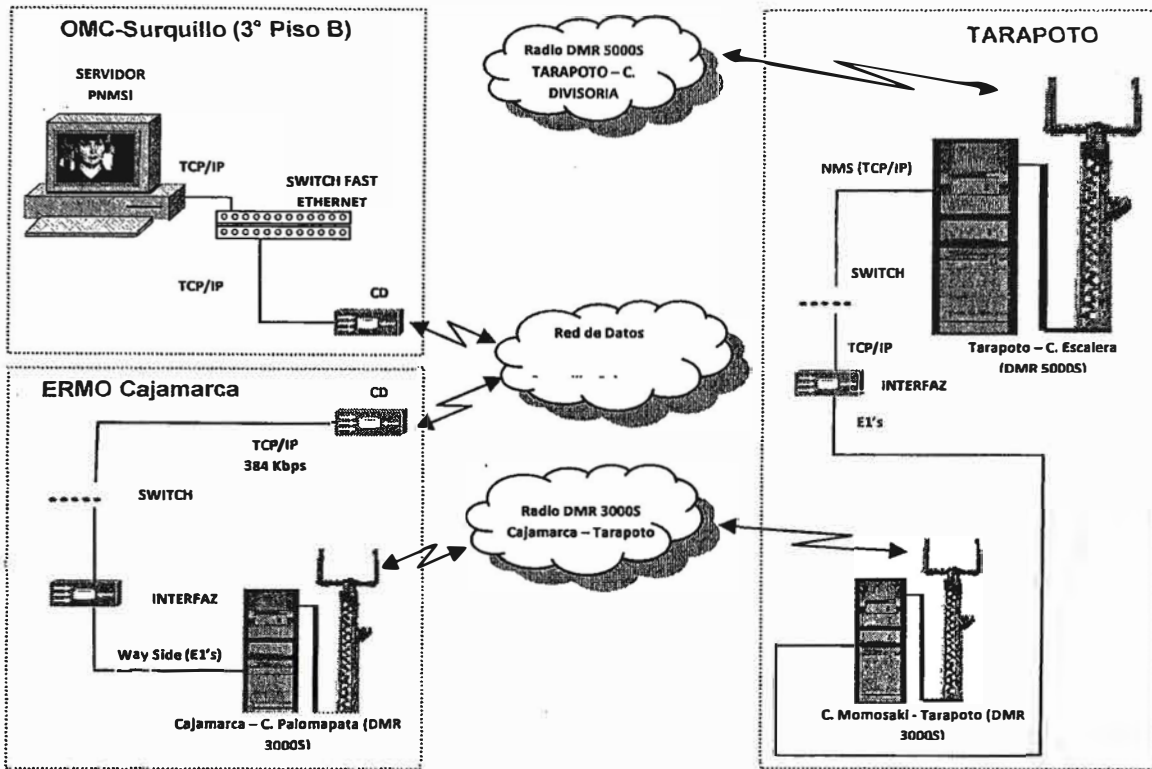


Para usar esta configuración TDP deberá adquirir los siguientes equipos:

1. En Surquillo:
 - a. 01 Switch Fast Ethernet (24 Port).
 - b. 01 Interfaz TCP/IP – E1.
2. En Tarapoto:
 - a. 01 Switch (8 Port).
 - b. 01 Interfaz TCP/IP – E1.
 - c. 01 Inversor de -48 Volt. DC a 220 Volt. AC (500w).
3. Asignar un E1 (2.048 Mbps) en la red de transmisión de Surquillo a Tarapoto.

- II. Usando WAY SIDE y un CD (Circuito Digital de 384 Kbps mínimo) de la red de Transmisión de TDP del OMC-Surquillo a Tarapoto, como se muestra en el gráfico adjunto.

Gestión de los enlaces de radio SDH DMR 5000S TARAPOTO-C. DIVISORIA usando un CIRCUITO DIGITAL (CD 384Kbps mínimo) y WAY SIDE



Para usar esta configuración TDP deberá adquirir los siguientes equipos:

1. En Surquillo:

a. 01 Switch Fast Ethernet (24 port).

2. En Tarapoto:

a. 01 Switch (8 Port).

b. 01 Interfaz TCP/IP – E1.

c. 01 Inversor de -48 Volt. DC a 220 Volt. AC (500w).

3. En Cajamarca:

a. 01 Switch (8 Port).

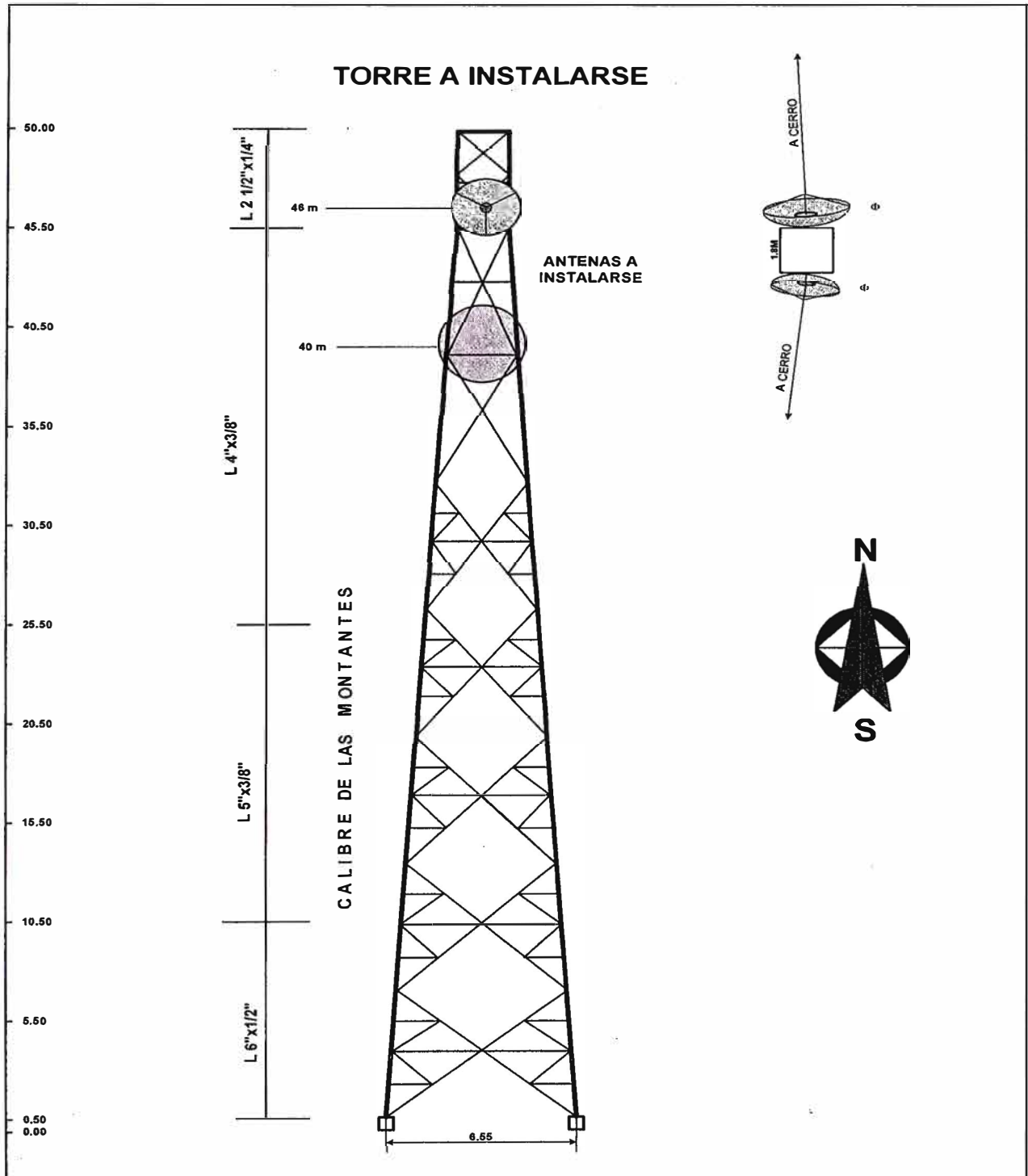
b. 01 Interfaz TCP/IP – E1.

4. Asignar un CIRCUITO DIGITAL (CD de 384 Kbps mínimo) entre el OMC – Surquillo y la ERMO de Cajamarca.

5. Asignar un WAY SIDE (WS E1 de 2.048 Mbps) en el enlace de radio SDH DMR 3000S de La ERMO de Cajamarca a Tarapoto

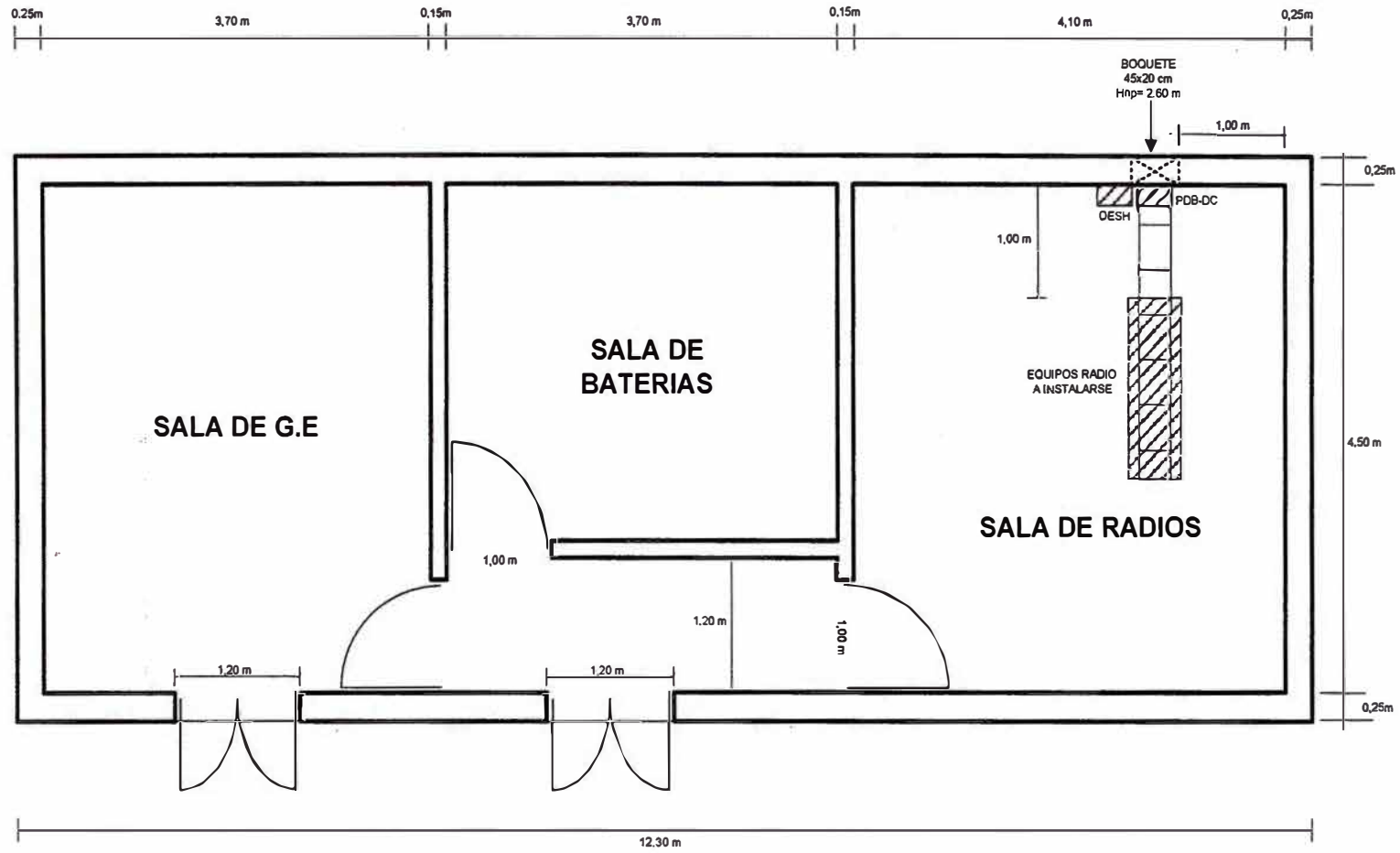
ANEXO J
DETALLE DE TORRE

DETALLE DE TORRE
ESTACIÓN: C. LA CUMBRE, C. MANA, C. 1062

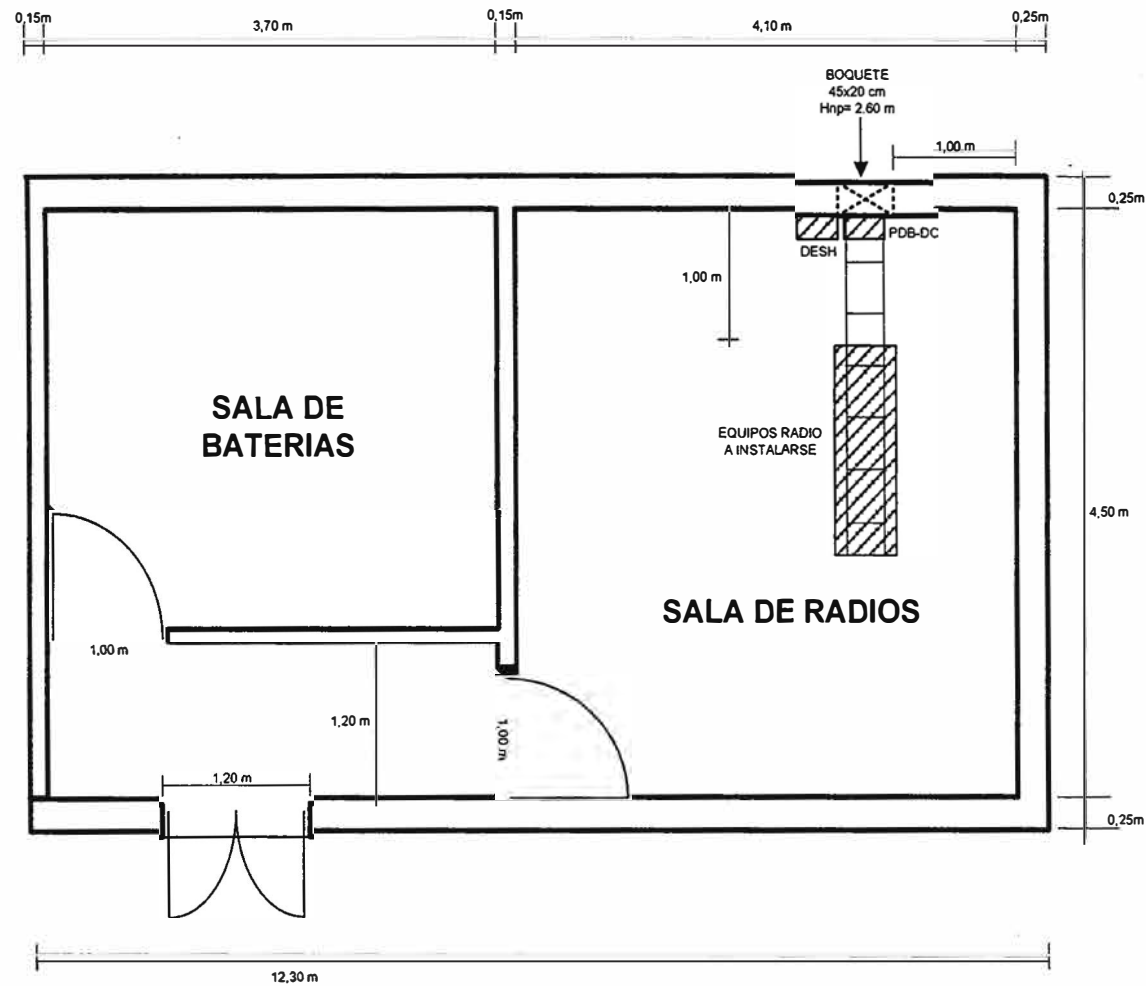


ANEXO K
CASETAS TÍPICAS

CASETA TÍPICA
FLOOR LAYOUT ESTACIÓN: TARAPOTO, TOCACHE



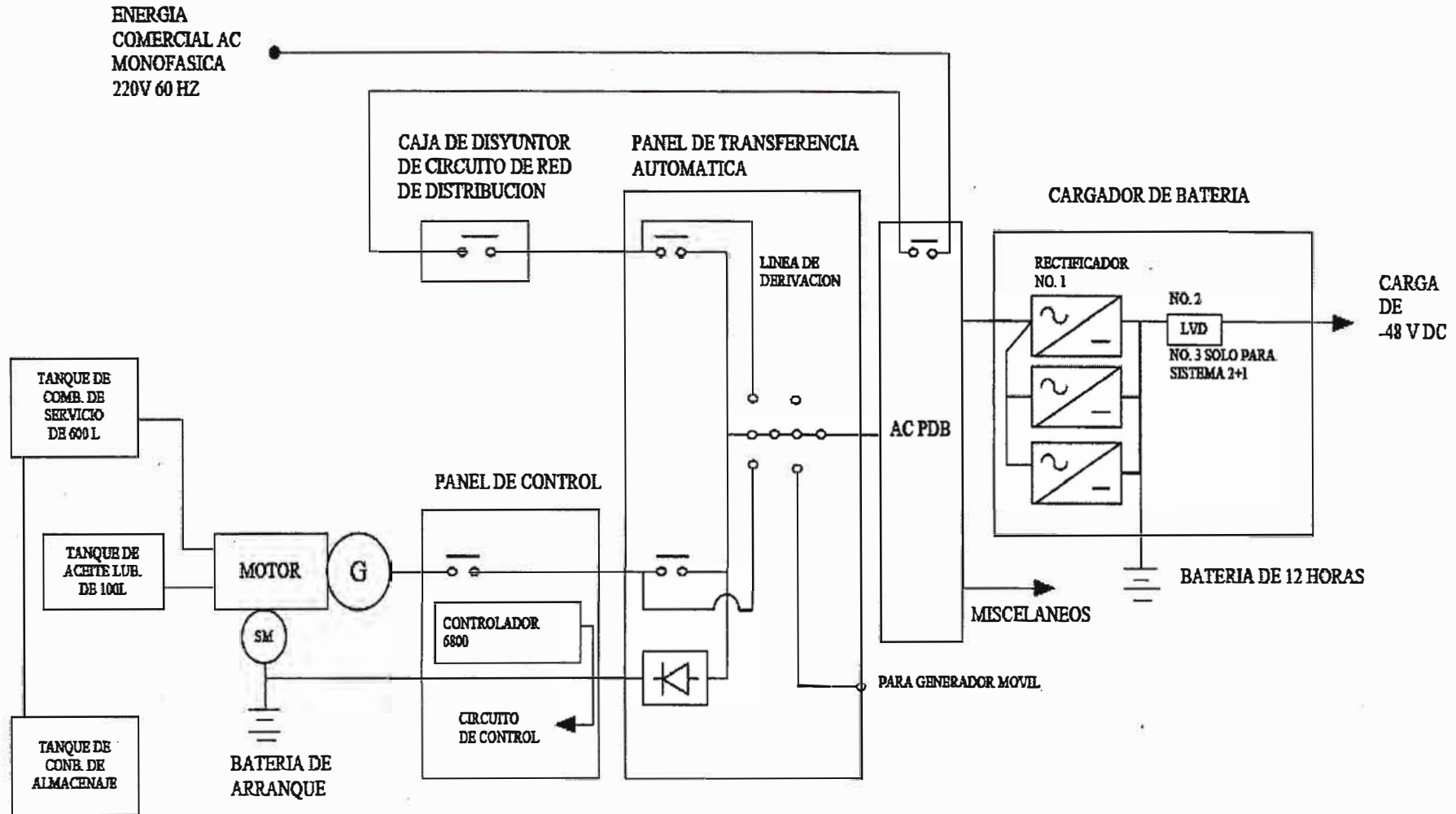
CASETA TÍPICA
C. ESCALERA, C. PICOTA, C. SITUYAL, C. LA CUMBRE, C. MANA, C. 1062, C. DIVISORIA



ANEXO L

EQUIPO DE ALIMENTACION DC Y GRUPO ELECTROGENO DIESEL DE RESERVA SIMPLE

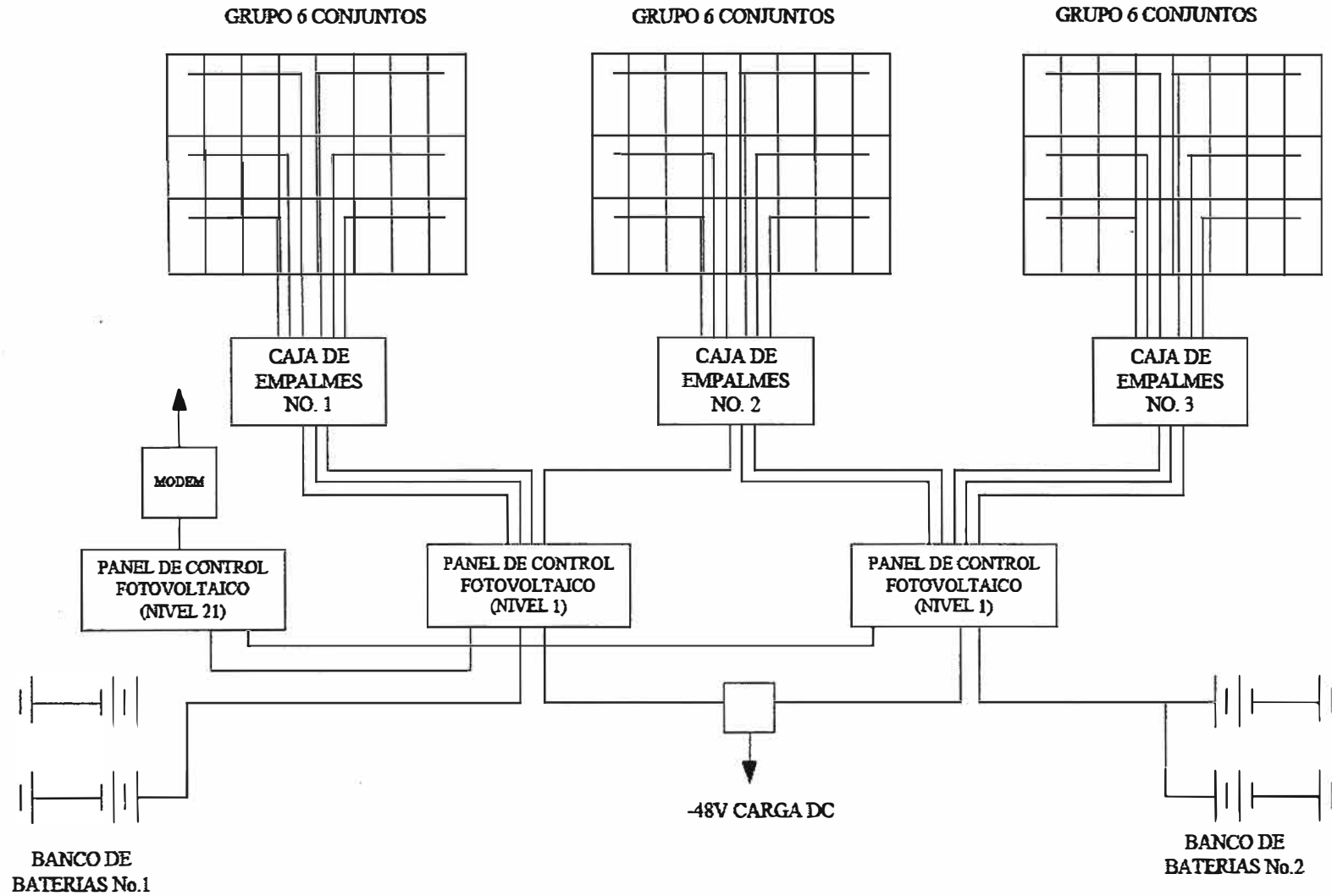
DC Y GRUPO ELECTROGENO DIESEL DE RESERVA SIMPLE



ANEXO M

**EQUIPO DE ALIMENTACION DC POR SISTEMA DE
ENERGIA SOLAR**

EQUIPO DE ALIMENTACION DC POR SISTEMA DE ENERGIA SOLAR



ANEXO N
SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA NACIONAL

SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA NACIONAL



| DESCRIPCIÓN | LÍNEAS EXISTENTES | LÍNEAS PROYECTADAS |
|--------------------------------|-------------------|--------------------|
| LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 500 kV | ===== | ----- |
| LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 220 kV | ===== | ----- |
| LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 kV | ===== | ----- |
| SUBESTACIÓN | ■ | □ |
| CENTRAL HIDROÉLECTICA | ▽ | ▽ |
| CENTRAL TÉRMICA | ■ | ■ |
| RESERVA DE ENERGÍA | ===== | ----- |
| REGIÓN | COLOR | |
| COSTA | ■ | |
| SIERRA | ■ | |
| SELVA | CEJA DE SELVA | ■ |
| | SELVA ALTA | ■ |
| | SELVA BAJA | ■ |

ANEXO O
CONSUMO DE RADIO Y EQUIPAMIENTO POR SITIO

CALCULO DE CONSUMO DE POTENCIA POR ESTACION 5000S : TARAPOTO – C. DIVISORIA

| | | | SD | SD | SD | SD | SD | SD | SD | SD | SD | |
|--|----------|-----|------------|-------------|-----------|------------|--------------|---------|---------|---------|--------------|-------------------|
| | | | 5000S-1662 | | | | | | | | | |
| | | | 1+1 | | | | | | | | | |
| Descripción | Unidad | | TARAPOTO | C. ESCALERA | C. PICOTA | C. SITUYAL | C. LA CUMBRE | C. MANA | TOCACHE | C. 1062 | C. DIVISORIA | CANTIDAD Total |
| | | | TERM | TERM | TERM | TERM | TERM | TERM | TERM | TERM | TERM | |
| CONSUMO DE POTENCIA EQUIPO DE RADIO (5000S) | | | | | | | | | | | | |
| ONE RACK ONE TERMINAL | | | | | | | | | | | | |
| 1+0 Con Ventilación Forzada sin SD | Watts | 101 | | | | | | | | | | 0 |
| 1+0 Con Ventilación Forzada con SD | Watts | 116 | | | | | | | | | | 0 |
| 1+1 Con Ventilación Forzada sin SD | Watts | 196 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | | 4 |
| 1+1 Con Ventilación Forzada con SD | Watts | 226 | | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 12 |
| 2+1 Con Ventilación Forzada sin SD | Watts | 287 | | | | | | | | | | 0 |
| 2+1 Con Ventilación Forzada con SD | Watts | 332 | | | | | | | | | | 0 |
| MODULOS OPCIONALES | | | | | | | | | | | | |
| APS Interface | Watts/ch | 5 | | | | | | | | | | 0 |
| Prot Access | Watts | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 |
| OW | Watts | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 |
| DIG HYB | Watts | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 |
| CONSUMO DE DESHIDRATADOR | Watts | 17 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 |
| MULTIPLEXER ALCATEL 1662 SMC | Watts | 200 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 |
| CONSUMO TOTAL POR ESTACION (WATTS) | | | 424 | 650 | 680 | 680 | 680 | 650 | 650 | 680 | 454 | |

Equipo de Alimentación para Tarapoto - Divisoria: Cargador - Batería

| N° | Estación | Carga DC -48 V | | Equipo de Alimentación de -48 VDC | | | | | | |
|----|----------|----------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------|
| | | TOTAL (W) | Corriente Consumo "Ies" (A) | Autonomía de Batería "K" (H) | Capacidad Batería Requerida "Cb" (AH) | Batería Seleccionada (AH) | Recarga a 20 Horas "Ib" (A) | (Ies+Ib)x 150% "In" (A) | Capacidad Cargador Seleccionado | Tipo de Batería |
| 1 | Tarapoto | 424 | 8.833333 | 12 | 106 | 133 | 5.3 | 21 | 30 A X 2 | CS-130 |
| 2 | Tocache | 650 | 13.54167 | 12 | 162.5 | 173 | 8.125 | 33 | 30 A X 2 | CS-170 |

Nota: La capacidad de la batería seleccionada se indica a razón de 12 horas

Equipo de alimentación para Tarapoto – C. Divisoria: Generador

| N° | Estación | Para carga AC de 220 V, monofásica bifilar | | | Capacidad requerida de generador (x1.25) "Pge" (W) | Grupo electrógeno Seleccionado | Modelo del Motor | Modelo del Generador |
|----|----------|--|---------------------|-----------------|--|--------------------------------|------------------|----------------------|
| | | Entrada al cargador "Pm" (W) | Carga Existente (W) | Carga Total (W) | | | | |
| 1 | Tarapoto | 1512 | 3000 | 4512 | 5640 | 1C SS-9.5 KW | F2L1011F | BC184G |
| 2 | Tocache | 2376 | 3000 | 5376 | 6720 | 1C SS-9.5 KW | F2L1011F | BC184G |

F2L1011F Marca: KHD
 BC184G Marca Stamford

Equipo de alimentación para Tarapoto – C. Divisoria: Sistema Fotovoltaico de -48 VDC

| N° | Estación | Carga DC -48 V de los equipos | | Sistema de Energía Fotovoltaica de -48V | | | | |
|----|--------------|-------------------------------|-----------------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| | | Promedio Diario (W) | Corriente Consumo "Ies" (A) | Autonomía de Batería "K" (H) | Capacidad Batería Requerida "Cb" (AH) | Batería Seleccionada (AH) | Capacidad Solar Requerida "Nv" (A) | Capacidad Solar Seleccionada "Wp" (A) |
| 1 | C. Escalera | 650 | 13.5 | 240 | 4062.5 | DC-75-25 x 2 paralelo x 2 banks | 15 | 5100 |
| 2 | C. Picota | 680 | 14.2 | 240 | 4250 | DC-75-25 x 2 paralelo x 2 banks | 16 | 5100 |
| 3 | C. Situyal | 680 | 14.2 | 240 | 4250 | DC-75-25 x 2 paralelo x 2 banks | 16 | 5100 |
| 4 | C. La Cumbre | 680 | 14.2 | 240 | 4250 | DC-75-25 x 2 paralelo x 2 banks | 16 | 5100 |
| 5 | C. Mana | 650 | 13.5 | 240 | 4062.5 | DC-75-25 x 2 paralelo x 2 banks | 15 | 5100 |
| 6 | C. 1062 | 680 | 14.2 | 240 | 4250 | DC-75-25 x 2 paralelo x 2 banks | 16 | 5100 |
| 7 | C. Divisoria | 454 | 9.5 | 240 | 2837.5 | DC-75-25 x 2 paralelo x 2 banks | 10 | 5100 |

PSH: Hora de la luz solar pico (4.7 en C. Situyal)

ANEXO P
CALCULO DE CAPEX

MICROONDAS SDH 5000s: TARAPOTO – C. DIVISORIA 1+1
LISTA DE EQUIPOS DE RADIO 5000s

| | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|----|----|----|----|
| 5000S U6GHz | | | | | | | |
| 49.94 | 70.97 | 22.43 | 70.18 | | | | |
| 8.4 | 43.35 | 41.57 | 57.17 | | | | |
| SD | SD | SD | SD | SD | SD | SD | SD |
| SD | SD | SD | SD | SD | SD | SD | SD |
| 1+1 | | | | | | | |

| ITEM | DESCRIPCION | UNID | PRECIO POR UNIDAD | TARAPOTO | C. ESCALERA | C. PICOTA | C. SITUYAL | C. LA CUMBRE | C. MANA | TOCACHE | C. 1062 | C. DIVISORIA | CANTIDAD Total | PRECIO TOTAL |
|--------------|----------------------------------|------|-------------------|----------|-------------|-----------|------------|--------------|---------|---------|---------|--------------|----------------|--------------|
| | | | 1 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | |
| 1 | EQUIPO DE RADIO (5000S) | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 | TRANSMISOR-RECEPTOR (1TR) | | | | | | | | | | | | | |
| | U6GHz, 10W, 64QAM, E/W SD | EA | 2,314.51 | | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 24 | 55,548.24 |
| 1.1.1 | U6GHz, 10W, 64QAM, W/O SD | EA | 2,012.56 | 2 | 2 | | | | 2 | 2 | | | 8 | 16,100.48 |
| 1.2 | MODULATOR-DEMODULATOR | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2.1 | 1+1, 64QAM, TERMINAL, 150M INTFC | EA | 4,709.48 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 16 | 75,351.68 |
| 1.2.2 | PROT ACCESS (150M INTFC) | EA | 208.03 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 16 | 3,328.48 |
| 1.2.3 | XPIC | EA | 136.50 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 32 | 4,368.00 |
| | <i>*1: FACTORY ASSEMBLIES</i> | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2.4 | OH/WS INTFC (2M) | EA | 227.22 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 16 | 3,635.52 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--|----|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-------------------|
| 1.3 | BR CKT (FOR XPIC, EW HYB) | | | | | | | | | | | | | |
| 1.3.1 | 6GHz, 3+1, W/O SD | EA | 2,303.19 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | | 4 | 9,212.76 |
| 1.3.2 | 6GHz, 3+1, EW SD | EA | 3,412.43 | | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 12 | 40,949.16 |
| 1.4 | SISTEMA MATERIAL | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1 | 2SYS (2TR) | EA | 1,752.04 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 16 | 28,032.64 |
| 1.5 | SISTEMA DE SUPERVISION Y CONTROL | | | | | | | | | | | | | |
| | OAM&P UNIT | | | | | | | | | | | | | |
| 1.5.1 | OAM&P, TERM., N+1 (1+1 TO 3+1), EW OW (2CH) | EA | 4,346.72 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 16 | 69,547.52 |
| | DESHIDRATADOR INCLUYE ACCESORIOS | EA | 2,050.00 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 10 | 20,500.00 |
| | DEHYDRATOR FOR PASIVE REPEATER INCLUDED SPARES | EA | 1,720.00 | | | | | | | | | | | |
| | TOTAL US\$ | | | | | | | | | | | | | 326,574.48 |

**MICROONDAS SDH 5000s: TARAPOTO – C.
DIVISORIA 1+1
LISTADO DE EQUIPOS SISTEMA AÉREO**

| | | | |
|------------|-------|-------|-------|
| 50005006Hz | | | |
| 1+1 | | | |
| 49.94 | 79.97 | 27.44 | 70.18 |
| 8.4 | 43.35 | 41.57 | 67.17 |

| ITEM | DESCRIPCION | PRECIO UNITARIO US\$ | TARAPOTO | C. ESCALERA | C. PICOTA | C. SITUYAL | C. LA CUMBRE | C. MANA | TOCACHE | C. 1062 | C. DIVISORIA | CANT | TOTAL US\$ |
|----------|--|----------------------|----------|-------------|-----------|------------|--------------|---------|---------|---------|--------------|------|------------|
| | SISTEMA AEREO | | | | | | | | | | | | |
| 1.5.10 | ANTENNA ALTA PERFORMANCE,U6GHz (ALTA DISCRIMINACIÓN POLARIZACIÓN CRUZADA) | | | | | | | | | | | | |
| 1.5.10.2 | ANTENA POL. DOBLE, EW RADOME, DIA:1.8M | 4,795.32 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | | 4 | 19,181.27 |
| 1.5.10.3 | ANTENA POL. DOBLE, EW RADOME, DIA:2.4M | 5,729.27 | | | 2 | 2 | | | | | | 4 | 22,917.09 |
| 1.5.10.4 | ANTENA POL. DOBLE, EW RADOME, DIA:3.0M | 6,945.55 | | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | | 12 | 83,346.61 |
| 1.5.10.5 | ANTENA POL. DOBLE, EW RADOME, DIA:3.7M | 9,258.17 | | | | 2 | 2 | | | 2 | 2 | 8 | 74,065.32 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-------------------|
| 1.5.12 | GUIA DE ONDA | | | | | | | | | | | | |
| 1.5.12.4 | GUIA DE ONDA (U6GHz) (POR METRO) | 31.74 | 40 | 80 | 60 | 50 | 90 | 90 | 70 | 80 | 50 | 610 | 19,362.32 |
| 1.5.12.5 | CLAMP PER U6GHz WAVE GUIDE | 7.71 | 40 | 80 | 60 | 50 | 90 | 90 | 70 | 80 | 50 | 610 | 4,701.27 |
| 1.5.12.6 | WAVE GUIDE TERMINATION U6GHz (BY SIDE) | 431.82 | 2 | 6 | 8 | 8 | 8 | 6 | 6 | 8 | 4 | 56 | 24,182.09 |
| 1.5.12.7 | WALL ENTRY GLAND (2 HOLES) | 175.08 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 16 | 2,801.23 |
| 1.5.12.8 | GROUNDING BOX | 25.24 | 1 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 2 | 28 | 706.78 |
| 1.5.12.10 | HOISTING GRIP | 33.73 | | | | | | | | | | | |
| 1.5.12.11 | REBORDEADOR PARA GUÍA DE ONDA | 620.97 | | | | | | | | | | | |
| | TOTAL US\$ | | | | | | | | | | | | 251,263.97 |

Fuente: NEC adaptación propia

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|-------------------|
| | TOTAL SIN FACTORES | | 5,906.05 | 11,794.46 | 12,618.16 | 12,953.72 | 14,917.78 | 12,172.16 | 11,416.76 | 14,540.08 | 9,029.37 | | |
| | TOTAL INSTALACIÓN MATERIALES | | 3,770.60 | 419.70 | 419.70 | 419.70 | 419.70 | 419.70 | 419.70 | 419.70 | 295.08 | | |
| | FACTOR DE ZONA | | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | | |
| | TIEMPO DE ACCESO DESDE LIMA | | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | | |
| | VENTAJAS DEL SISTEMA | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | |
| | TOTAL INSTALACIÓN (US\$.) | | 17,780.84 | 22,443.52 | 23,957.07 | 24,573.66 | 28,182.62 | 23,137.54 | 21,749.50 | 27,488.60 | 17,133.68 | | 206,447.03 |

Fuente: NEC Adaptación Propia

**MICROONDAS SDH 5000s: TARAPOTO – C.
DIVISORIA 1+1
BIENES LOCALES**

| ITEM | DESCRIPCION | UNID | PRECIO UNITARIO US\$. LOCAL SUMINISTRO | PRECIO UNITARIO US\$. LOCAL INSTALACION | TARAPOTO | C. ESCALERA | C. PICOTA | C. SITUYAL | C. LA CUMBRE | C. MANA | TOCACHE | C. 1062 | C. DIVISORIA | TOTAL |
|----------|--|------|--|---|----------|-------------|-----------|------------|--------------|---------|---------|---------|--------------|-------|
| 1 | ELEMENTOS PARA CONDUCCION DE CABLEADO | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 | Soporte de cableado hasta 300mm, incluye accesorios | m | 28.75 | 5.90 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 90 |
| 1.2 | Canaleta 80 x 80mm PVC con tapa incluye accesorios | m | 7.30 | 4.73 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 90 |
| 1.3 | Manguera corrugada | m | 0.48 | 1.52 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 90 |
| 2 | REPARTIDORES DIGITALES DE INTERCONEXIÓN | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1 | Repartidor Digital de 20 tributarios para bastidor y rack de 19" | unit | 250.00 | 17.12 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 16 |
| 3 | CONECTORES | | | | | | | | | | | | | |
| 3.1 | Conector coaxial Macho/Hembra para Flex-6 tipo siemens | unit | 5.04 | 1.16 | 4 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 68 |
| 3.2 | Conector Coaxial Hembra/Hembra | unit | 5.45 | 0.30 | | | | | | | | | | |
| 3.3 | Conector Clavija con punto de prueba (U-link) | unit | 7.46 | 0.96 | 4 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 68 |
| 4 | CABLES COAXIALES | | | | | | | | | | | | | |
| 4.1 | Cable coaxial 75 Ohm Tipo Flex-6 | m | 1.72 | 0.40 | 40 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 680 |
| 5 | CABLES | | | | | | | | | | | | | |
| 5.1 | Cable de tierra | m | 2.64 | 1.35 | 50 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 50 | 800 |
| 5.2 | Cable de fuerza | m | 0.83 | 0.40 | 100 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 100 | 1600 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|------|----------|----------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 6 | BASTIDORES, RACK, ESTRUCTURAS METALICAS | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | MISCELANEOS | | - | - | | | | | | | | | | |
| 7.1 | Kit de instalación bastidor comprende: | set | 55.38 | - | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 16 |
| | - 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 | | - | - | | | | | | | | | | |
| 7.2 | Kit de instalación Guía de Onda comprende: | set | 40.62 | - | 1 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 2 | 28 |
| | - Cinta Vulcanizante 3ea | | - | - | | | | | | | | | | |
| | - Cinta Aislante 3ea | | - | - | | | | | | | | | | |
| | - Silicona 1ea | | - | - | | | | | | | | | | |
| | Kit de instalación miscelaneos | set | 35.00 | - | 5 | 15 | 20 | 20 | 20 | 15 | 15 | 20 | 10 | 140 |
| 8 | SOPORTES DE ANTENAS | | - | - | | | | | | | | | | |
| 8.1 | SOPORTE DE ANTENA 1,8M | unit | 834.47 | - | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | | 4 |
| 8.2 | SOPORTE DE ANTENA 2.4M | unit | 917.92 | - | | | 2 | 2 | | | | | | 4 |
| 8.3 | SOPORTE DE ANTENA 3.0M | unit | 1,193.29 | - | | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | | 12 |
| 8.4 | SOPORTE DE ANTENA 3.7M | unit | 1,491.62 | - | | | | 2 | 2 | | | 2 | 2 | 8 |
| 9 | EQUIPOS DE SUPERVISIÓN Y CONTROL | | | | | | | | | | | | | |
| | PC PORTATIL CENTRINO | uni | 3,500.00 | - | 1 | | | | | | | | | 1 |
| | ENLACE REMOTO | | 6,500.00 | 3,500.00 | 1 | | | | | | | | | |
| | | | - | - | | | | | | | | | | |
| TOTAL SUMINISTROS (US\$.) | | | | | 12,054.57 | 5,511.57 | 8,728.56 | 7,325.20 | 7,875.95 | 5,511.57 | 5,511.57 | 7,875.95 | 4,537.75 | 62,932.71 |

COSTO DEL TRANSPORTE LOCAL

MICROONDAS SDH 5000s: TARAPOTO – C. DIVISORIA 1+1

| ITEM | DESCRIPCION | UNIDAD | Precio Unitario | | | | TARAPOTO | C. ESCALERA | C. PICOTA | C. SITUAY | C. LA CUMBRE | C. MANA | TOCACHE | C. 1062 | C. DIVISORIA | Cant | PRECIO TOTAL |
|----------|--|----------|-----------------|-------------|---------|---------|----------|-------------|-----------|-----------|--------------|---------|---------|---------|--------------|------|--------------|
| | | | ZONA 1 | ZONA 2 | ZONA 3 | ZONA 4 | | | | | | | | | | | |
| 1 | TRABAJO EN ALMACEN EN LIMA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 | Descargar | hora | 22.18 | 22.18 | 22.18 | 22.18 | | | | | | | | | | | |
| 1.2 | Almacenar | kg x dia | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | | | | | | | | | | | |
| 1.3 | Estiva | hora | 22.18 | 22.18 | 22.18 | 22.18 | | | | | | | | | | | |
| 2 | TRANSPORTE DE LIMA A OTRA CIUDAD | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1 | Camión de 20 Toneladas con destino costa | viaje | 217 | 465 | 682.00 | 961.00 | | | | | | | | | | | |
| 2.2 | Camión de 20 Toneladas con destino sierra/selva | viaje | 434 | 711.4492308 | 920.70 | 1182.03 | | | | | | | | | | | |
| 2.3 | Trailer de 35 Toneladas con destino costa | viaje | 325.5015385 | 697.5015385 | 1023.00 | 1441.40 | | | | | | | | | | | |
| 2.4 | Trailer de 35 Toneladas con destino sierra/selva | viaje | 651 | 1067.175385 | 1381.05 | 1772.92 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | | |
| 3 | Transporte de Acceso | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.1 | Carga de transporte de acceso | hora | 22.18 | 22.18 | 22.18 | 22.18 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 432 | | |
| 3.2 | Camión (4 - 5 Ton) | día | 148.8 | 148.8 | 148.80 | 148.80 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 54 | | |
| 3.3 | Mano de Obra (persona) | hora | 2.230769231 | 2.230769231 | 2.23 | 2.23 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 432 | | |
| 4 | Lugar de Destino | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.2 | Descarga | hora | 22.18 | 22.18 | 22.18 | 22.18 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 432 | | |
| | | | | | | | 4902.08 | 4902.08 | 4902.08 | 4902.08 | 4902.08 | 4902.08 | 4902.08 | 4902.08 | | | 44,118.72 |

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

| | Descripción | cantidad | Precio por unidad | Costo total (\$) |
|-----------------------|---|----------|-------------------|------------------|
| 1 | ADM 1662 Alcatel | 9 | 11,000.00 | 99,000.00 |
| 2 | Gestor para los Equipos NEC y Alcatel | 1 | 500,000.00 | 500,000.00 |
| 3 | Equipo de Energía Solar Sistema de paneles de 5100(Shell PowerMax Ultra 8x4xULTRA175) | 7 | 60,000.00 | 420,000.00 |
| 4 | Banco de Baterías (10 días) Dc-75-25 x 2 paralelo x 2 | 7 | 45,000.00 | 315,000.00 |
| 5 | Panel de distribución (AC/ PDB) | 2 | 1,400.00 | 2,800.00 |
| 6 | Rectificador de 800 w | 9 | 1,200.00 | 10,800.00 |
| 7 | banco de baterías (12 días) Batería CS-130 | 2 | 5,000.00 | 10,000.00 |
| 8 | Grupo Electrónico | 2 | 17,000.00 | 34,000.00 |
| 9 | Soporte de antenas | 28 | 2,500.00 | 70,000.00 |
| 10 | Torres metro lineal | 150 | 3,200.00 | 480,000.00 |
| 11 | Obras Civiles (caseta, pozo a tierra, pararrayos y cimentación de la torre) | 3 | 140,000.00 | 420,000.00 |
| 12 | Capacitaciones de los equipos para el personal (en Perú) | 1 | 30,000.00 | 30,000.00 |
| Total de otros gastos | | | | 2,391,600.00 |

ANEXO Q

DASHEET DEL ADM, BANCO DE BATERIAS Y PANEL SOLAR

Shell Solar

Shell PowerMax® solar modules for off-grid markets

2nd edition 2005

General

Shell PowerMax is a new range of dependable, high performance solar products – with designs created specifically for off-grid applications.

Shell PowerMax Ultra 85-P and 80-P products contain 36 series connected 125mm x 125mm mono-crystalline solar cells, which can generate a peak power of 85 and 80 watts at 17.2 and 16.9V, respectively.

Qualifications and Certificates

The Shell PowerMax Ultra 85-P and 80-P products meet the following requirements:

- IEC 61215
- UL-Listing 1703
- FM approved
- TÜV Safety Class 2



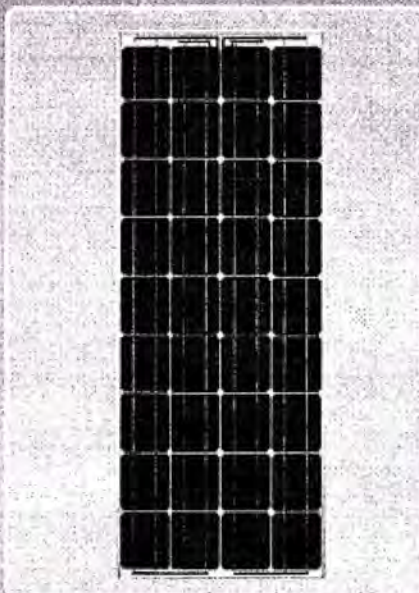
All these Shell Solar modules are produced in ISO 9001:2000 certified factories.

Limited Warranties*

- Peak Power for 25 years (category D)
- Product workmanship 2 years

* See Shell Solar Limited Warranty for PV-Modules

Shell PowerMax Ultra 80-P/85-P



**ELECTRICAL EQUIPMENT,
CHECK WITH YOUR INSTALLER**

Due to continuous research and product improvement the specifications in this Product Information Sheet are subject to change without notice. Specifications can vary slightly. For installation and operation instructions, see the applicable manuals. No rights can be derived from this Product Information Sheet and Shell Solar assumes no liability whatsoever connected to or resulting from the use of any information contained herein.

References in this Product Information Sheet to "Shell Solar" are to companies and other organizational entities within the Shell Group that are engaged in the photovoltaic solar energy business. Shell Solar has its principal office in Amsterdam, the Netherlands.

The Shell PowerMax advantage

Exceptional Performance

- High efficiency crystalline silicon solar cell technology, enhanced by TOPS® and new silicon nitride anti-reflection coatings.
- One of the industry's leading energy yields in a wide variety of climates.
- Products rated on fully stabilized initial power so you get the power you pay for

Proven Reliability

- Module design proven over 25 years of field operations with reliability in excess of 99.9%
- Extended limited power warranties backed by a company you can trust.
- UL 1703, IEC 61215, FM and TÜV Safety Class 2 (pending) certifications.

Safety by Design

- Suitable for high snow and wind loads
- UL fire safety class C

Easy to install

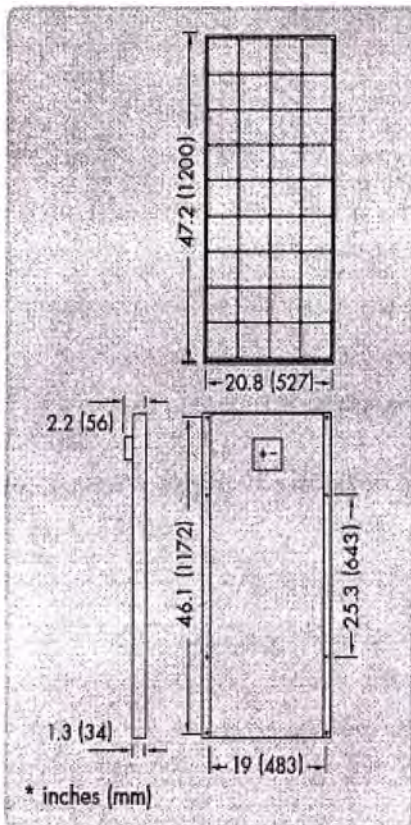
- Conduit ready junction box
- 8 mounting holes per product, 2 grounding holes
- 20A series fuse rating



Shell PowerMax® Ultra 80-P/85-P Photovoltaic Solar Modules

Mechanical Specifications

A torsion and corrosion-resistant anodized aluminium frame ensures dependable performance, even under harsh weather conditions. Pre-drilled mounting holes are provided for ease of installation.



| | |
|---------------------------------------|------------------------------|
| Outside dimensions (in/mm) | 47.2 x 20.8/1200 x 527 |
| Thickness (inc. junction box) (in/mm) | 2.2/56 |
| Thickness (exc. junction box) (in/mm) | 1.3/34 |
| Weight (lbs/kg) | 16.7/7.6 |
| Junction box type | ProCharger® IP44 |
| Junction box size (in/mm) | 5 x 4.4 x 1.8/130 x 110 x 50 |

The junction box allows for easy field replacement of diodes.

For installation instructions, please refer to the **Shell Solar Installation and Safety Instructions**.

Electrical Characteristics

Data at Standard Test Conditions (STC)

STC: irradiance level 1000W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature 25°C.

| | Shell PowerMax | Ultra 80-P | Ultra 85-P |
|------------------------------|----------------|----------------------|----------------------|
| Rated power [W] | P_r | 80 | 85 |
| Peak power* [W] | P_{mpp}^* | 80 | 85 |
| Module efficiency [%] | η | 12.7 | 13.4 |
| Maximum system voltage | V_{sys} | 600V (UL)/715V (TÜV) | 600V (UL)/715V (TÜV) |
| Peak power voltage [V] | V_{mpp} | 16.9 | 17.2 |
| Peak power current [A] | I_{mpp} | 4.76 | 4.95 |
| Open circuit voltage [V] | V_{oc} | 21.8 | 22.2 |
| Short circuit current [A] | I_{sc} | 5.35 | 5.45 |
| Series fuse rating [A] | I_{fuse} | 20 | 20 |
| Minimum peak power [W] | $P_{mpp,min}$ | 76 | 80.75 |
| *Tolerance on Peak Power [%] | % | +/-5 | +/-5 |

* The abbreviation 'mpp' stands for Maximum Power Point.

Typical Data at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT) conditions

NOCT: irradiance level 800W/m², spectrum AM 1.5, wind velocity 1m/s, T_{amb} 20°C.

| | T_{NOCT} | 45.5 | 45.5 |
|---------------------------|------------|------|------|
| Temperature [°C] | T_{NOCT} | 45.5 | 45.5 |
| Mpp power [W] | P_{mpp} | 59 | 63 |
| Mpp voltage [V] | V_{mpp} | 15.8 | 16.4 |
| Open circuit voltage [V] | V_{oc} | 20.0 | 20.1 |
| Short circuit current [A] | I_{sc} | 4.20 | 4.25 |

Temperature coefficients

| | | |
|--------------------------|-------|-------|
| αP_{mpo} [%/°C] | -0.43 | -0.43 |
| αV_{mpp} [mV/°C] | -72.5 | -72.5 |
| αI_{sc} [mA/°C] | 1.4 | 1.4 |
| αV_{oc} [mV/°C] | -64.5 | -64.5 |

Typical data at low irradiance

The relative reduction of module efficiency at an irradiance of 200W/m² in relation to 1000W/m² both at 25°C cell temperature and spectrum AM 1.5 is 8%.

For further information on all Shell Solar products contact:

Shell Solar Industries LLP
4650 Adhor Lane, Camarillo, CA 93012, USA
+1 805 482 6800 Fax +1 805 388 6395
solarsales@shell.com
www.shell.com/solar

Shell Solar GmbH
Domagkstr. 34, 80807 Munich, Germany
+49 89 45234 0 Fax +49 89 45234 100
solarinfo@shell.com

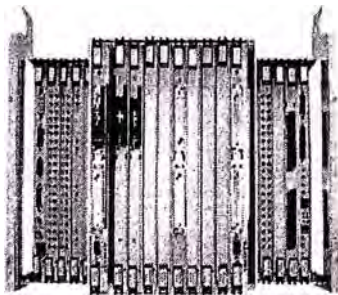
V1/PowerMax/Off-Grid/12V/80-P/85-P/US/10/05



Alcatel-Lucent 1662 SMC

SYNCHRONOUS MULTIPLEXER COMPACT | RELEASE 2.6

The Alcatel-Lucent 1662 Synchronous Multiplexer Compact (SMC) is a compact, next-generation Synchronous Transport Module (STM)-16 multiservice provisioning platform (MSPP) serving as a building block for metropolitan networks, providing unmatched performance for its size and service-mix capabilities. Addressing metro-edge and metro-access applications, the Alcatel-Lucent 1662 SMC offers a transport platform with integrated packet functions, supporting revenues from multiple broadband services such as private-line and Ethernet business services, triple play and mobility aggregation.



The Alcatel-Lucent 1662 SMC is a metro-edge component of the Alcatel-Lucent Optical Multi-Service Node (OMSN) product family, a family that also includes the Alcatel-Lucent 1660 SM, an STM-64 MSPP, and the Alcatel-Lucent 1650 SMC, an STM-4 MSPP. For offering capital and operational efficiencies, the Alcatel-Lucent OMSN products share many common features and modules.

Features

- Fully nonblocking redundant SDH matrix with 96 x 96 or 64 x 64 high-order (HO) or low-order (LO) STM-1 equivalent switching
- Up to six STM-16 interfaces for double 2.5 Gb/s ring interconnection
- Richly featured 10/100 Ethernet and Gigabit Ethernet (GE)
- E1, E3/DS3

- Multi-Protocol Label Switching (MPLS)-enabled Ethernet, packet ring and ATM switching
- Digital video (Dvideo) switching
- Transport for enterprise system connection (ESCON), fiber connection (FICON), fiber distributed data interface (FDDI) and Fibre Channel (FC)
- CWDM multiplexer/demultiplexer (MUX/DEMUX)
- Colored STM-16 for direct interworking with dense wavelength division multiplexing (DWDM) systems
- Service extension over symmetric high-speed DSL (SHDSL) for E1 and 10/100 Ethernet

Benefits

- Supports high-capacity PDH/SDH metro-edge service support
- Aggregates broadband services:
 - Triple play
 - Business Ethernet: Metro Ethernet Forum (MEF)-compliant virtual local area network (VLAN) and virtual private LAN service (VPLS)
 - Extending service reach over copper loops
- Provides 3G mobility backhaul
- Functions as a terminal multiplexer, add-drop multiplexer (ADM) or mini cross-connect in spur, multiple-ring or mesh topologies
- Offers highly reliable and manageable TDM and data services
- Delivers feature transparency and operational savings through common components with the Alcatel-Lucent OMSN product family

Technical specifications

Interfaces

- Network interfaces, compact ADM function with one of:
 - 2 x STM-1
 - 2 x STM-4
 - 1 x STM-16Each supports EPS 1 + 1
- Customer interfaces: up to eight slots available
 - 63 x 2 Mb/s: ISDN PRA and retiming function
 - 3 x 34/45 Mb/s switchable
 - 4 x 140 Mb/s/STM-1 switchable
 - 4 x STM-1: electrical, S-1.1, L-1.1, L-1.2
 - 8 x STM-1 optical SFP: S-1.1, L-1.1, L-1.2, CWDM
 - 4 x OC-3 with administrative unit (AU)3/tributary unit (TU)3 conversion
 - 1 x STM-4: S-4.1, L-4.1, L-4.2
 - 2 x STM-4 optical SFP: S-4.1, L-4.1, L-4.2, CWDM
 - 1 x STM-16: I-16.1, S-16.1, L-16.1, L-16.2
 - 1 x STM-16 optical SFP: I-16.1, S-16.1, L-16.1, L-16.2, CWDM, DWDM
 - Integrated booster +10 dB/+15 dB/+17 dB
 - 4 x any sublambda multiplexing function: 4 channels in 2.5G lambda: transparent Ethernet/FE, GE, STM-4, FC, ESCON, FICON, FDDI, Dvideo
 - Digital Video Broadcasting (DVB) ASI blade
 - Maximum 14 x Ethernet 10/100BASE-T per ISA blade
 - Maximum 8 x Ethernet 10/100BASE-FX per ISA blade
 - Maximum 4 x GE BASE-SX/LX per ISA blade

Connectivity

- 32 x 32 (HO/LO) or 96 x 96 (HO)/64 x 64 (LO) STM-1 equivalent full nonblocking SDH fabric in all configurations
- Unidirectional, bidirectional, drop-and-continue multicast, broadcast SDH connections
- Line and virtual container (VC) loopbacks
- Virtual concatenation (VCAT) and contiguous concatenation
- 1- or 2-channel CWDM optical add-drop multiplexer (OADM) function
- 8-channel CWDM MUX/DEMUX function
- Embedded ATM star, ring and mesh topologies

- Embedded Ethernet/MPLS star, ring and mesh topologies
- Embedded Ethernet multiple ring topologies

Equipment protection

- Matrix, control and synchronization EPS 1 + 1
- ISA-ATM switch EPS 1 + 1
- ISA-Ethernet Switch (ES)16 EPS 1 + 1
- 63 x 2 Mb/s EPS N + 1, 2 x maximum N = 3
- 3 x 34/45 Mb/s EPS-N + 1, maximum N = 7
- 4 x STM-1e EPS N + 1, maximum N = 7

Network protection

Transport

- Linear single-/dual-ended 1 + 1 APS at STM-1/4/16
- Linear dual-ended N + 1 APS at STM-1
- SNCP/I, SNCP/N
- SNCP drop-and-continue
- 2 x 2 fiber Multiplex Section-Protection Ring (MSPRING) at STM-16
- Collapsed single-node ring interconnection
- Collapsed dual-node ring interconnection

Packet

- Dual attach: packet ring interconnection

Monitoring

- Performance monitoring according to G.784, G.826, G.821
- Path overhead monitoring (POM) on all VCs
- Supervisory unequipped trail (SUT)
- Tandem connection monitoring (TCM)
- Ethernet-performance monitoring counters
 - Port/aggregate/flow
 - Incoming/outgoing

Synchronization

- Internal oscillator ± 4.6 ppm
- Holdover drift ± 0.37 ppm per day
- External sources: STM-n/2 Mb/s ports, 1 external 2 MHz/2 Mb/s output
- Priority and quality SSM synchronization algorithms

Data blades-ISA

ISA-ATM

- 600 Mb/s and 1.2 Gb/s cell switch with optional STM-1 access on board
- Equipment protection 1 + 1
- VPC/VCC switch/cross-connect
- Hard/soft PVC connections for PNNI
- Point-to-point/multipoint from E1 up to VC4-4c payloads
- Up to 252 ATM logical ports
- IMA support: maximum 126 groups/32 links
- Policing, shaping and congestion management
- CBR, UBR, UBR+, rt-VBR/nrt-VBR, GFR ATM traffic contracts
- ATM operations, administration, and maintenance (OAM)

ISA-ES1

- 1 Gb/s throughput
- 155 Mb/s back-panel capacity
- 8 x Ethernet 10/100BASE-T/FX
- GFP-F/LAPS, VCAT, LCAS
- LACP
- VC-12/VC-3/VC-4 terminations
- VCGroups: maximum 8 at 50/2/1
- Classification/forwarding
 - Per port
 - MAC DA 802.3
 - C-VLAN/S-VLAN
 - 802.1p
 - DSCP/TOS
 - Ethertype
- Ethernet multicast: IGMP
- Ethernet OAM CFM
- Q-in-Q: 802.1Q/ad
- CoS
 - Guaranteed
 - Regulated
 - Best effort
- Congestion avoidance
- STP/RSTP/MSTP/PVSTP: 802.1d/w/s
- Ethernet-performance counters
 - Per port/aggregate/flow
 - Incoming/outgoing
 - Unicast
 - Multicast
 - Broadcast
- E-line, E-LAN, Ethernet-aggregation services in accordance with MEF

ISA-ES4

- 2.5 Gb/s throughput
- 622 Mb/s back-panel capacity
- 1 x GE SFPs, 8 x Ethernet 10/100BASE-T
- GFP-F/LAPS, VCAT, LCAS
- LACP
- VC-12/VC-3/VC-4 terminations
- VCGroups: maximum 16 at 63/12/4
- Classification/forwarding
 - Per port
 - MAC DA 802.3
 - C-VLAN/S-VLAN
 - 802.1p
 - DSCP/TOS
 - Ethertype
- Ethernet multicast: IGMP
- Ethernet OAM CFM
- Q-in-Q: 802.1Q/ad
- QoS 802.1p
- CoS
 - Guaranteed
 - Regulated
 - Best effort
- STP/RSTP/MSTP/PVSTP: 802.1d/w/s
- Congestion avoidance
- Ethernet-performance counters
 - Per port/aggregate/flow
 - Incoming/outgoing
 - Unicast
 - Multicast
 - Broadcast
- E-line, E-LAN, Ethernet-aggregation services in accordance with MEF

ISA-ES16

- 4.5 Gb/s throughput
- 2.5 Gb/s back-panel capacity
- 4 x GE SFPs, 14 x Ethernet 10/100BASE-T, 7 x 10/100BASE-FX
- GFP-F/LAPS, VCAT, LCAS
- LACP
- VC-12/VC-3/VC-4 terminations
- VCGroups: maximum 64 at 63/12/16
- Classification/forwarding
 - Per port
 - MAC DA 802.3
 - C-VLAN/S-VLAN
 - 802.1p
 - DSCP/TOS
 - Ethertype
 - MPLS label switching (pseudowire/tunnel)
 - MPLS exp bits

- Ethernet and MPLS multicast, IGMP
- Martini encapsulation
- Q-in-Q: 802.1Q/ad
- QoS 802.1p, MPLS
- CoS
 - Guaranteed
 - Regulated
 - Best effort up to eight CoS
- Policing dual rate token bucket, metering, marking, CIR/CBS, EIR/EBS, dropping (OOP)
- Scheduling HOL, weighted-deficit round robin
- Congestion avoidance WRED per queue
- STP/RSTP/MSTP/PVSTP: 802.1d/w/s
- Ethernet- and MPLS-performance counters
 - Per port/aggregate/flow
 - Incoming/outgoing
 - Unicast
 - Multicast
 - Broadcast
- Ethernet OAM CFM
- E-line/VLL, E-LAN/VPLS, Ethernet-aggregation services in accordance with MEF

DVB-ASI

Unidirectional transparent transport

- CBR MPEG-x transport stream (TS)
 - Single program TS (SPTS)
 - Multiple program TS (MPTS)
- TS rate: 1.5 Mb/s to maximum 100 Mb/s: with C-12 or C-3 granularity

ISA Broadband Copper Extender (BCE)-E1/ISA BCE-Ethernet

- Eight interfaces: up to eight remote NT devices can be connected
- Full NT management
- PM on VC12 and SHDSL line
- Maintenance operation on NT: loop-back and restart

Physical specifications

Power

- Station battery: -48-V to -60-V DC
- Power consumption: 200 W, typical

Dimensions

Subrack

- Height: 390 mm (15.4 in.)
- Width: 470 mm (18.5 in.)
- Depth: 250 mm (9.8 in.)

Rack

- Height: 2.2 m (7.22 ft)
- Width: 600 mm (23.6 in.)
- Depth: 300 mm (11.8 in.)

Regulatory compliance

Environmental

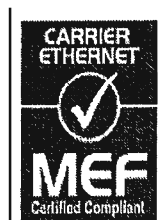
- Operating conditions: ETS 300 019, class 3.2
- Storage conditions: ETS 300 019, class 1.2
- Transportation conditions: ETS 300 019, class 2.2
- ESD/EMC: ETS 300 386, "Telecommunications Center"

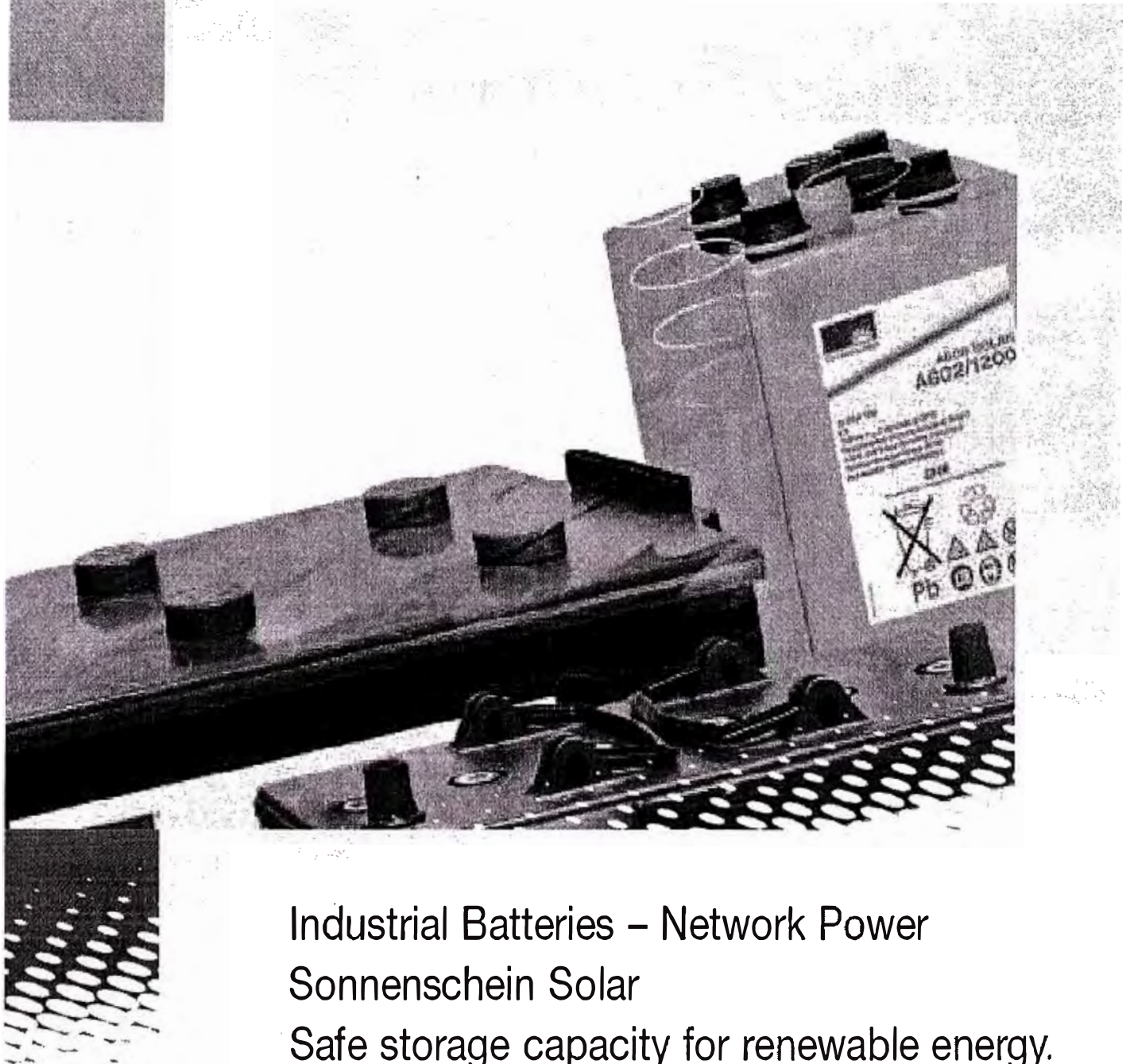
Operational

- Alcatel-Lucent 1350 Optical Management System (OMS)
- CMISE craft terminal through TIA/EIA-232 at 38.4 kb/s
- Network management access through QB3 interface or Qecc G.784
- Local and remote software download
- Remote inventory
- Housekeeping: 12 inputs plus 2 outputs
- Auxiliary channels
 - EOW
 - 2 x 64 kb/s G.703
 - 2 x TIA/EIA-232
 - 2 x V.11
 - 1 x 2 Mb/s G.703

Standards

- In compliance with all the latest relevant ITU-T
 - ITU G.7041
 - ITU G.7042
 - ITU G.707
- ATM Forum
- IETF
- IEEE
- MEF 9 and 14 certified for Ethernet Application.





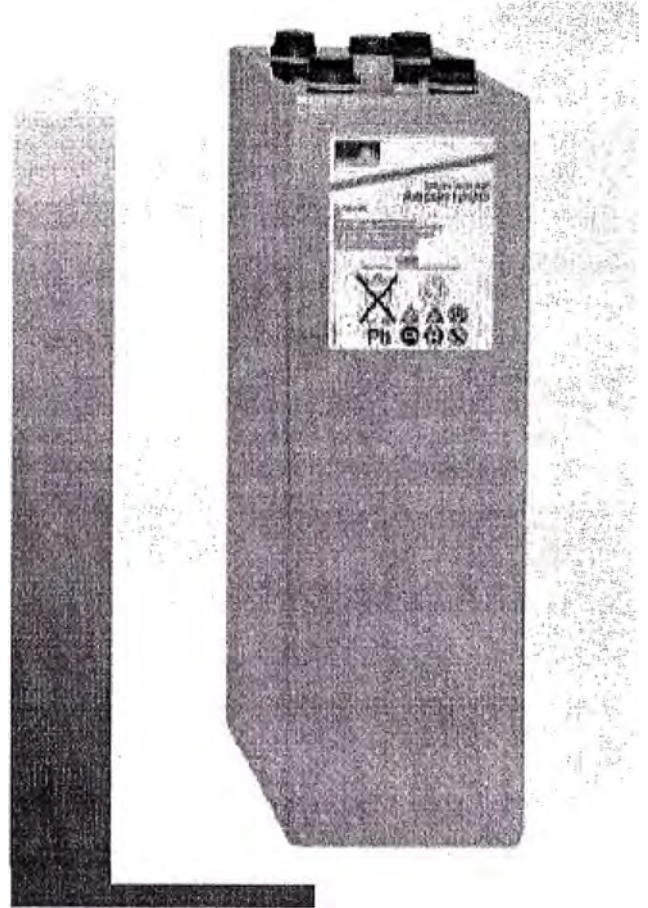
Industrial Batteries – Network Power
Sonnenschein Solar
Safe storage capacity for renewable energy.

Specifications



Power for high capacity requirements.

Sonnenschein A600 Solar batteries are developed for medium to large solar powered applications. The recyclability and long storage life without recharge makes this environmentally friendly solar battery system absolutely recommendable for various requirement profiles. Typical applications for these maintenance free VRLA-batteries with successful dryfit technology, are solar and wind power stations, power distribution companies, telecommunications, railways and many other safety equipment power supplies.



Valve regulated



Tubular plate



Nominal capacity
240-3500 Ah



Single cell



1600 cycles
acc. to
IEC 896-2



Maintenance-free
(no topping up)



Proof against
deep discharge
acc. to
DIN 43 639 T5

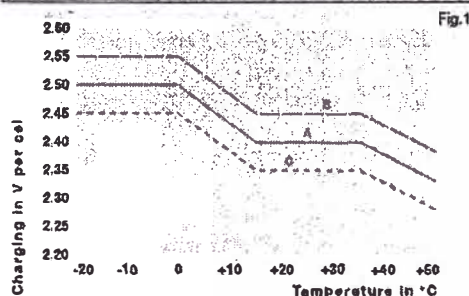


Recyclable



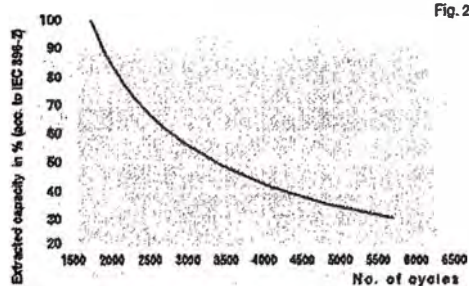
Technical characteristics and data

| Type | Part number | Nominal voltage V | Nominal capacity C ₁₀₀ 1.85 V/C Ah | Dis-charge current I ₁₀₀ A | Length (l) | | Width (b/w) | | Height up to top of cover (h1) | | Height incl. connectors (h2) | | Installed length (B/L) mm | Weight approx. kg | Terminal | Pole pairs |
|--------------|-----------------|----------------------|--|---|------------|---------|-------------|---------|--------------------------------|---------|------------------------------|---|------------------------------|----------------------|----------|------------|
| | | | | | max. mm | max. mm | max. mm | max. mm | max. mm | max. mm | | | | | | |
| 4 OPzV 240 | NGS6020240HS0FA | 2 | 240 | 2.4 | 105 | 208 | 360 | 398 | 112 | 19.5 | F-M8 | 1 | | | | |
| 5 OPzV 300 | NGS6020300HS0FA | 2 | 300 | 3.0 | 126 | 208 | 360 | 398 | 135 | 23.5 | F-M8 | 1 | | | | |
| 6 OPzV 360 | NGS6020360HS0FA | 2 | 360 | 3.6 | 147 | 208 | 360 | 398 | 155 | 28.0 | F-M8 | 1 | | | | |
| 5 OPzV 400 | NGS6020400HS0FA | 2 | 400 | 4.0 | 126 | 208 | 475 | 513 | 135 | 31.0 | F-M8 | 1 | | | | |
| 6 OPzV 500 | NGS6020500HS0FA | 2 | 500 | 5.0 | 147 | 208 | 475 | 513 | 155 | 36.5 | F-M8 | 1 | | | | |
| 7 OPzV 600 | NGS6020600HS0FA | 2 | 600 | 6.0 | 168 | 208 | 475 | 513 | 175 | 42.0 | F-M8 | 1 | | | | |
| 6 OPzV 720 | NGS6020720HS0FA | 2 | 720 | 7.2 | 147 | 208 | 650 | 688 | 155 | 50.0 | F-M8 | 1 | | | | |
| 8 OPzV 960 | NGS6020960HS0FA | 2 | 960 | 9.6 | 215 | 193 | 650 | 688 | 220 | 68.0 | F-M8 | 2 | | | | |
| 10 OPzV 1200 | NGS6021200HS0FA | 2 | 1200 | 12.0 | 215 | 235 | 650 | 688 | 220 | 82.0 | F-M8 | 2 | | | | |
| 12 OPzV 1400 | NGS6021400HS0FA | 2 | 1400 | 14.0 | 215 | 277 | 650 | 688 | 220 | 97.0 | F-M8 | 2 | | | | |
| 12 OPzV 1700 | NGS6021700HS0FA | 2 | 1700 | 17.0 | 215 | 277 | 800 | 838 | 220 | 120.0 | F-M8 | 2 | | | | |
| 16 OPzV 2300 | NGS6022300HS0FA | 2 | 2300 | 23.0 | 215 | 400 | 775 | 815 | 220 | 160.0 | F-M8 | 3 | | | | |
| 20 OPzV 2900 | NGS6022900HS0FA | 2 | 2900 | 29.0 | 215 | 490 | 775 | 815 | 220 | 200.0 | F-M8 | 4 | | | | |
| 24 OPzV 3500 | NGS6023500HS0FA | 2 | 3500 | 35.0 | 215 | 580 | 775 | 815 | 220 | 240.0 | F-M8 | 4 | | | | |



Charge mode (to Fig. 1):

- 1.) with switch regulator (two-step controller)
 - charge on curve B (max. charge voltage) for max. 2 hrs/day
 - then switch over to continuous charge - curve C
- 2.) Standard charge (without switching) - curve A
- 3.) Boost charge (Equalizing charge with external generator)
 - charge on curve B for max. 5 hrs/month, then switch over to curve C



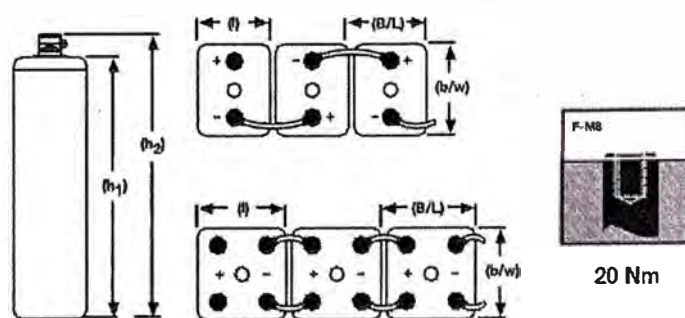
(to Fig. 2)

Endurance in cycles according to IEC 896-2

Capacities C₁ - C₁₀₀ (20°C)

| Type | C ₁ | C ₃ | C ₅ | C ₁₀ | C ₁₀₀ |
|--------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| | 1.67 V/C | 1.75 V/C | 1.77 V/C | 1.80 V/C | 1.85 V/C |
| 4 OPzV 240 | 108 | 151 | 175 | 200 | 240 |
| 5 OPzV 300 | 135 | 189 | 219 | 250 | 300 |
| 6 OPzV 360 | 162 | 227 | 263 | 300 | 360 |
| 5 OPzV 400 | 180 | 252 | 292 | 350 | 400 |
| 6 OPzV 500 | 225 | 315 | 365 | 420 | 500 |
| 7 OPzV 600 | 270 | 378 | 438 | 490 | 600 |
| 6 OPzV 720 | 324 | 454 | 526 | 600 | 720 |
| 8 OPzV 960 | 432 | 605 | 701 | 800 | 960 |
| 10 OPzV 1200 | 540 | 756 | 876 | 1000 | 1200 |
| 12 OPzV 1400 | 630 | 882 | 1022 | 1200 | 1400 |
| 12 OPzV 1700 | 765 | 1071 | 1241 | 1500 | 1700 |
| 16 OPzV 2300 | 1035 | 1449 | 1679 | 2000 | 2300 |
| 20 OPzV 2900 | 1305 | 1827 | 2117 | 2500 | 2900 |
| 24 OPzV 3500 | 1575 | 2205 | 2555 | 3000 | 3500 |

Drawings with terminal position, terminal and torque



Not to scale!

BIBLIOGRAFÍA

1. “Digital Microwave Radio” Engineering Fundamentals, NEC, 2007
2. Curso de SDH 3000, en Trujillo, NEC, 2007
3. Curso de SDH 5000, en Japon, NEC, 2008
4. Curso de radio IP RTN 950, Huawei, 2010
5. Curso de radio ALS Plus, SIAE, 2009
6. Curso de redes de transporte, Telefonica, 2006
7. Curso de Comunicaciones Rurales en el Perú, Carlos Sánchez Tarnawiecki, 2007
8. Curso de PDH y SDH, Alex Chávez, Inictel, 2003.
9. Elección y diseño de una red de telecomunicaciones para la región Loreto, Tesis de Javier Rodrigo Alvarado Martin y de José Augusto Mendoza Espinoza, Departamento de Ingeniería Electrónica, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005
10. Curso de Protección integral de sistemas de transmisión de datos y telecomunicaciones, Sispoint, 2007.
11. Seminario de sistemas de energía y puestas a tierra para equipos de telecomunicaciones, Emerson, 2008.
12. http://www.regionsanmartin.gob.pe/administracion/documentos_transparencia/doc_transparencia12.pdf
13. ING, Cartas Topográficas.
14. MTC, Visión del departamento de Huánuco
15. MTC, Visión del departamento de San Martin.
16. http://aniak.uni.edu.pe/sdemicro/sistemas_de_mic.htm
17. MTC, <http://www.mtc.gob.pe/comunicaciones/canon.asp>, 2007.
18. http://www.ute.com.uy/servicios_cliente/docs/C-23.pdf
19. Capacitación sobre obligaciones regulatorias, Telefónica, 2008
20. Curso de diseño de Radioenlaces, Inictel, 2005
21. Perfiles, Software Optimi Wizard