

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**INTEGRACIÓN DEL EJE HIDROGRÁFICO DEL
DEPARTAMENTO DE AMAZONAS A LA RED
TERRESTRE DE TELECOMUNICACIONES A TRAVÉS
DE UNA RED SDH POR MICROONDAS**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR:

JUAN WILTON TORVISCO SALAS

PROMOCIÓN

2008 – I

**LIMA – PERÚ
2013**

**“INTEGRACIÓN DEL EJE HIDROGRÁFICO DEL DEPARTAMENTO DE
AMAZONAS A LA RED TERRESTRE DE TELECOMUNICACIONES A TRAVÉS
DE UNA RED SDH POR MICROONDAS”**

Dedicatoria

A mis padres, por todo el incondicional apoyo y valores inculcados que fueron clave para mi desarrollo personal y profesional. A los profesores de la facultad quienes supieron expresar y hacer llegar sus conocimientos y experiencias en el campo de las Telecomunicaciones.

SUMARIO

El presente Informe de Ingeniería es un estudio de pre-factibilidad que, como parte inicial, brinda los detalles de la situación actual de los niveles de penetración de los servicios de telecomunicaciones ofrecidos en la zona Nor-Oriental del departamento de Amazonas, con el objetivo de diseñar una infraestructura de transporte y de redes de acceso que dotan, a las localidades aledañas al eje hidrográfico del departamento, de acceso a banda ancha y por consiguiente una mejora en el desarrollo económico y social de la región.

En el Capítulo I, se explica el objetivo del Informe de Ingeniería; así también se presenta la tecnología a utilizar, la cual es la tecnología SDH por microondas, describiendo su arquitectura, características y sus ventajas frente a otras tecnologías.

En el Capítulo II, se presenta cuadros estadísticos donde se refleja la deficiencia en los sistemas de banda ancha y otros servicios; en base a los datos estadísticos obtenidos y análisis de dimensionamiento de capacidad, se establece los requerimientos de capacidades necesarios para el despliegue de la infraestructura y los servicios, para los sectores de interés del informe, las cuales son las capitales de distrito de las provincias de Bagua y Condorcanqui.

En el Capítulo III, Analizando los requerimientos de capacidades de acceso para los servicios de telefonía fija, pública e internet, se realiza el diseño de la red, seleccionando apropiadamente los equipos técnicamente adecuados, flexibles, escalables y económicamente rentables.

En el Capítulo IV, se desarrolla la selección del equipamiento para la implementación de la infraestructura en general, de alto desempeño tanto para la red troncal de transporte como para las redes de acceso.

En el Capítulo V, se hace la evaluación económica general, analizando la rentabilidad de este proyecto. Con los valores de CAPEX y OPEX, así como los parámetros de rentabilidad el VAN y TIR se pueden estimar la rentabilidad aproximada de este proyecto. Por último se indica las fuentes bibliográficas que son de gran ayuda para la interpretación del desarrollo del proyecto.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I: MARCO TEÓRICO Y TENDENCIAS DE LAS TELECOMUNICACIONES	3
1.1 Objetivo del Informe de Ingeniería	3
1.2 Ondas electromagnéticas	3
1.2.1 Ondas de superficie	4
1.2.2 Ondas ionosféricas.....	4
1.2.3 Ondas de espacio	4
1.3 Espectro Electromagnético de Microondas	5
1.4 Aplicaciones en Telecomunicaciones.....	5
1.5 TDM (Multiplexación por División de Tiempo).....	7
1.5.1 TDM Síncrona	7
1.5.2 TDM Asíncrona.....	9
1.6 Tecnología Digital SDH	10
1.6.1 Características de SDH.....	12
1.6.2 Estructura de multiplexación SDH	13
1.7 Esquema general de un enlace de microondas	16
1.7.1 Zona de Fresnel	16
1.7.2 Parámetros de propagación.....	18
1.7.3 Estación Terminal.....	18
1.7.4 Estación Nodal.....	18
1.7.5 Estación Repetidora.....	18
1.7.6 Multiplexores sumadores.....	19
CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE LA OFERTA Y DEMANDA EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA RED SDH	20
2.1 Introducción.....	20
2.2 Área de influencia y estudio	21

2.3 Análisis Socioeconómico	22
2.3.1 Descripción Poblacional	22
2.4 Análisis de la Demanda actual y la proyectada	25
2.4.1 Consumo del servicio de telefonía fija	27
2.4.2 Consumo del servicio de telefonía pública.....	28
2.4.3 Consumo de banda ancha	28
2.5 Análisis del tráfico proyectado	30
2.5.1 Tráfico proyectado para telefonía fija	30
2.5.2 Tráfico proyectado para telefonía pública.....	30
2.5.3 Tráfico proyectado para internet	31
CAPÍTULO III: DISEÑO Y ANÁLISIS DE LA RED DE TRANSPORTE SDH	
Y LAS REDES DE ACCESO.....	34
3.1 Descripción del diagrama de la red general.....	34
3.2 Diseño de la red de transporte SDH	34
3.2.1 Ubicaciones de las estaciones.....	34
3.2.2 Topología de la red	35
3.2.3 Plan de frecuencias y polarizaciones	36
3.2.4 Diseño de las Estaciones Terminales.....	37
3.2.5 Diseño de las Estaciones Nodales	39
3.2.6 Diseño de las Estaciones Repetidoras	40
3.2.7 Perfiles de los trayectos de la Red Troncal SDH.....	43
3.3 Diseño de las Redes de Acceso	49
3.3.1 Descripción de los Subsistemas de Acceso	49
CAPÍTULO IV: IMPLEMENTACIÓN DE LA RED SDH Y REDES DE	
ACCESO	52
4.1 Consideraciones de la selección del equipamiento.....	52
4.2 Implementación de las Estaciones Terminales, Nodales y Repetidoras.....	52
4.2.1 Subsistema de Radio Microondas de Transporte SDH	52
4.2.2 Subsistema de Energía.....	53
4.2.3 Subsistema de Protección eléctrica y puesta a tierra	54
4.3 Implementación de la Redes de Acceso	54
4.3.1 Subsistema de Radio de Acceso	54

4.3.2 Subsistema de Energía.....	55
4.3.3 Subsistema de Protección eléctrica y puesta a tierra	55
4.3.4 Acceso a clientes	55
CAPÍTULO V: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO	57
5.1 Introducción.....	57
5.2 Costos de inversión en infraestructura CAPEX (CAPital EXpediture)	57
5.2.1 Subsistema de Radio Microondas de transporte SDH.....	57
5.2.2 Subsistema de Energía.....	58
5.2.3 Subsistema de Protección eléctrica y puesta a tierra.....	58
5.2.4 Servicio de transporte de equipos.....	58
5.2.5 Servicio de instalación y CAPEX 1.....	59
5.2.6 Subsistema de Radios de acceso.....	59
5.2.7 Subsistema de Protección y puesta a tierra del acceso y CAPEX 2.....	60
5.2.8 CAPEX final total.....	60
5.3 Costos de operación y mantenimiento OPEX (OPERating EXpediture).....	60
5.4 Cálculo de la rentabilidad	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
ANEXO A: CALCULOS DE RADIOPROPAGACION.....	65
ANEXO B: DISEÑOS DE LAS ESTACIONES DE TELECOMUNICACIONES.....	72
ANEXO C: DIAGRAMA GENERAL DEL SUBSISTEMA DE ENERGÍA.....	81
ANEXO D: DISTRIBUCIÓN DE LOS BASIDORES SDH 5000.....	83
ANEXO E: DIMENSIONAMIENTO DE ENERGÍA	85
BIBLIOGRAFÍA	90

INTRODUCCIÓN

El Sector Telecomunicaciones viene creciendo significativamente en los últimos años, alcanzando para fines del 2011 una densidad de 103.1 líneas por cada 100 habitantes en telefonía móvil y 10.1 líneas por cada 100 habitantes en telefonía fija. Ello significa la disminución de la brecha con respecto a otros países de la región, sobre todo en el segmento móvil. Sin embargo, con respecto a la banda ancha se puede indicar que a septiembre del 2011 se obtuvo una penetración de 5.3%, por debajo de otros países de Latinoamérica como Argentina (12.9%), Chile (11.6%) demostrando la existencia de una deficiente penetración en cuanto a banda ancha fija y móvil en el país.

La expansión del sector se explica en gran parte por las iniciativas del estado como parte de la inclusión social, actualmente se cuenta con cuatro operadores de telefonía celular, así como de operadores de WIMAX, quienes tienen objetivos claros para los próximos semestres y años para consolidar el despliegue de sus redes en Lima y provincias. Para incentivar la inclusión social a las comunidades del interior del país y así reducir la brecha digital, el objetivo de este informe es importante especialmente para la región Amazonas.

Es cierto que otra tecnología como la fibra óptica puede ser una mejor opción, pero considerando muchos aspectos como el costo, la implementación y la rentabilidad en el tiempo son algunas desventajas que aplaza su implementación. Por otro lado, las soluciones satelitales ya están siendo saturadas por los servicios de banda ancha y también son costosos los pagos por renta de ancho de banda.

Por otro lado, la deficiente infraestructura en telecomunicaciones en ciertos sectores rurales, tanto en la sierra como en la selva, está provocando un acceso limitado en capacidad, el cual conlleva a un lento desarrollo económico de esas zonas. Actualmente se debe aplicar tecnologías alternativas para lugares con difícil acceso, por su geografía o por una densidad poblacional, tales como VSAT's y/o Microondas, las cuales a la fecha son alternativas viables mientras se establecen las condiciones necesarias para la implementación de una red de banda ancha nacional. Por ello como objetivo principal de este informe es el diseño de una infraestructura de banda ancha y de accesos para servicios

de conectividad en banda ancha a corto plazo, de alta capacidad, escalabilidad y rentable. Una solución acorde al incremento de usuarios tanto en telefonía fija como móvil en la Región Amazonas (Provincias de Bagua y Condorcanqui) es la implementación de una Red Troncal o Dorsal de SDH por microondas. Además, brindar servicios de acceso a las localidades con alto potencial de demanda, esto es, tanto para los ciudadanos de a pie como para las instituciones educativas, centros de salud, municipalidades, comisarias, diversos negocios de emprendedores, etc. Con el objetivo de integrarlos a la Red Nacional para promover la tele-educación, el acceso a contenidos, la tele-medicina, servicios de vigilancia, monitoreo y control para la seguridad nacional, etc.

Este informe, además de la infraestructura dorsal y de accesos por microondas, prioriza la utilización de energías renovables como parte de la fuente de energía para la mayoría de estaciones troncales.

La implementación de esta infraestructura genera, en mediano plazo, un mayor uso de los servicios de banda ancha tanto para los ciudadanos como para las instituciones nacionales y privadas, así como una disminución de precios de las llamadas, el acceso a mejores tecnologías, las eficiencias ganadas por el número cada vez mayor de usuarios y la aparición de nuevos productos, servicios y proveedores en el mercado. Otro factor importante es el crecimiento económico del país, el cual incrementa el ingreso disponible de los consumidores finales.

Para finalizar, se hace extensivo un agradecimiento especial a las Municipalidades de Chiriaco y Aramango y a los ciudadanos de todas las localidades por la expresión de gentileza recibida al recabar información y facilidades para la realización del estudio de campo.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO Y TENDENCIAS DE LAS TELECOMUNICACIONES

1.1 Objetivo del Informe de Ingeniería

El presente Informe de Ingeniería tiene por objetivo brindar, como estudio de pre-factibilidad, un diseño para la implementación de una infraestructura de transporte y de acceso a las principales localidades que conforman el eje hidrográfico del departamento de Amazonas como son: Copallín, El Parco, Aramango, Chiriaco y Santa María de Nieva, las cuales están ubicadas en las provincias de Bagua y Condorcanqui, brindando así la oportunidad de un desarrollo integral para las localidades aledañas a la cuenca alta del Río Marañón. Las redes de acceso están conformadas por enlaces punto a multipunto en banda no licenciada, brindando telefonía fija, pública y acceso a internet a las instituciones educativas, gubernamentales, policiales y centros de salud. La red troncal está basada en la tecnología SDH por microondas de alta capacidad y disponibilidad, considerando mejorar el nivel de penetración de los servicios de Telecomunicaciones e interconectarla con la Red Terrestre Nacional de Telecomunicaciones.

1.2 Ondas Electromagnéticas

La teoría de ondas electromagnéticas y su propagación por la atmósfera son esenciales para describir el comportamiento de la transmisión de las señales por medios no guiados en el contexto de establecer niveles aceptables de recepción y disponibilidad. Utilizando tecnologías que hacen posible la transferencia de grandes cantidades de información, se pueden ofrecer servicios de calidad.

Una onda electromagnética es una onda transversal compuesta por un campo eléctrico y un campo magnético simultáneamente. Ambos campos oscilan perpendicularmente entre sí. Aunque las ondas electromagnéticas viajan en línea recta, sus trayectorias rectilíneas pueden ser alteradas por las propiedades de la Tierra y las distintas capas de su atmósfera, en mayor o menor grado dependiendo de la frecuencia de las ondas. Las trayectorias básicas de propagación que una señal puede tomar a través del espacio libre son: Ondas de Superficie, Ondas Ionosféricas y Ondas Espaciales, como se muestra en la *Figura N° 1.1*.

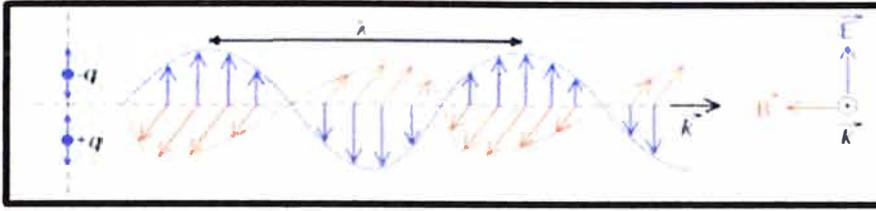


Figura N° 1.1 Onda electromagnética.

1.2.1 Ondas de Superficie

Son ondas electromagnéticas que viajan a lo largo de la superficie de la Tierra, las cuales deben tener polarización vertical ya que la Tierra es un medio conductor que desvanece la componente tangencial del campo. El alcance de éstas depende de la calidad del terreno, en lo referente a la conductividad, la frecuencia de transmisión y la potencia de emisión. Las pérdidas producidas por la Tierra aumentan rápidamente con la frecuencia, lo que limita la transmisión de este tipo de ondas por debajo de aproximadamente 3MHz (VLF, LF, MF). Ej.: Aplicaciones en radiodifusión AM.

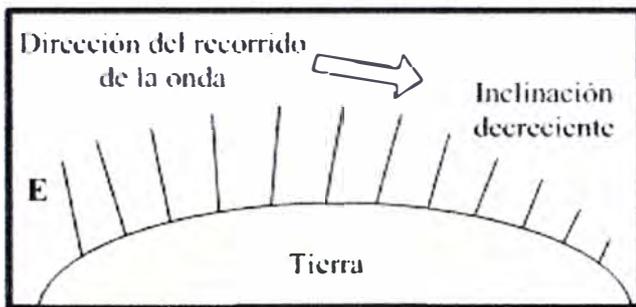


Figura N° 1.2 Ondas de superficie.

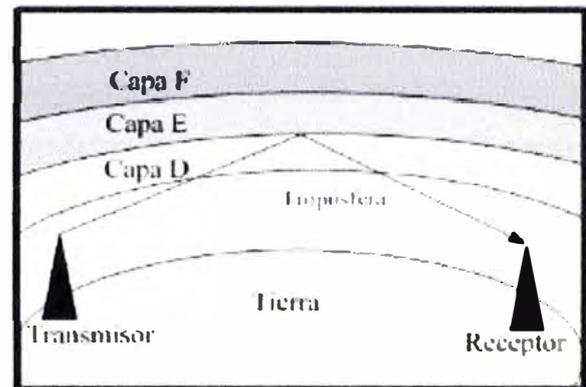


Figura N° 1.3 Ondas ionosféricas.

1.2.2 Ondas Ionosféricas

La mayoría de las comunicaciones comprendidas en la banda de frecuencias de 3 a 30 MHz (HF), se efectúan por Ondas Ionosféricas. Este tipo de ondas de radio se transmite por reflexión en las capas ionizadas de la atmósfera y retorna a la Tierra; por consiguiente alcanza grandes distancias en un solo salto. Las frecuencias se pueden predecir con un determinado margen de error (Ej.: Radioaficionados, comunicaciones marítimas, etc.).

1.2.3 Ondas de Espacio

Para las comunicaciones con frecuencias mayores a 30MHz (VHF, UHF,SHF, etc.) el mecanismo de propagación fundamental es debido a las Ondas de Espacio, que se puede aproximar bajo el modelo de rayos. Consta de una onda directa entre el transmisor y el receptor y una onda reflejada en la superficie de la tierra. Las capas ionosféricas normales

no están lo suficientemente ionizadas como para reflejar frecuencias superiores a los 30 MHz, además la Ondas de Superficie se atenúan mucho a esas frecuencias.

Las comunicaciones se llevan a cabo con enlaces de visibilidad directa. Además, se refractan en la tropósfera. La tropósfera es aquella capa de la atmósfera que está inmediatamente sobre la superficie terrestre, su altura es del orden de 10km. Desde el punto de vista microscópico su índice de refracción no es constante y presenta una variación con la altura, lo que introduce un fenómeno de refracción sucesivo que modifica la propagación de las ondas en todo su trayecto.



Figura N° 1.4 Ondas de Espacio.

1.3 Espectro Electromagnético de Microondas

Se denomina así la porción del espectro electromagnético que cubre las frecuencias entre 300MHz y 300 GHz. Las utilizadas para radiocomunicación se denominan SHF (Super High Frequency), que corresponden a las longitudes de onda en vacío entre 10cm. y 1cm.

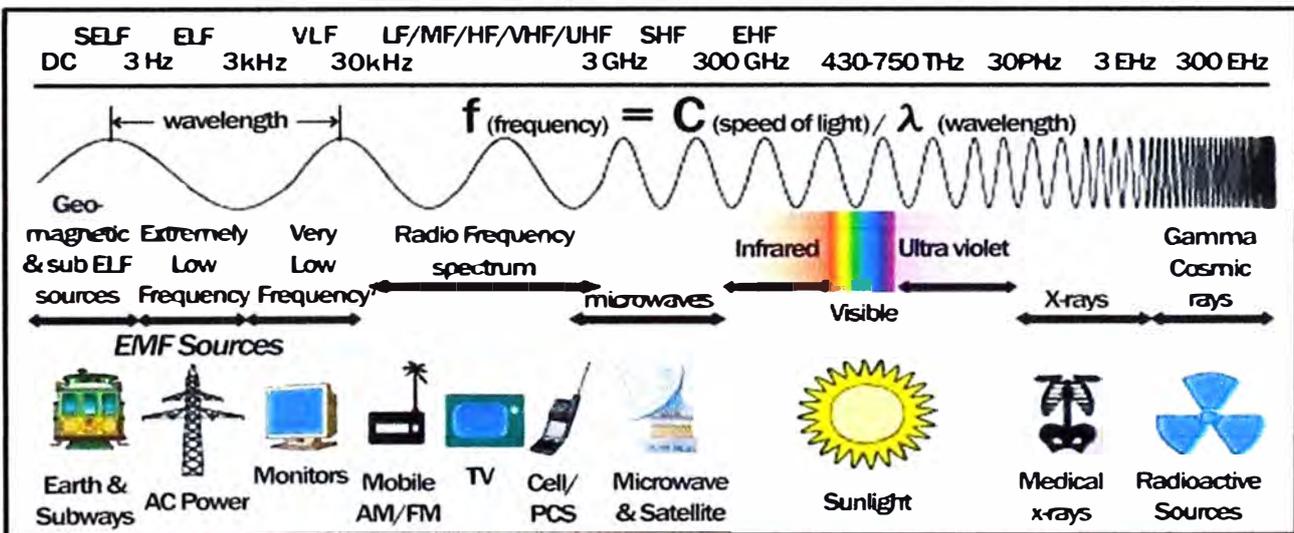


Figura N° 1.5 Espectro Electromagnético.

1.4 Aplicaciones en Telecomunicaciones

Sin duda se puede decir que el campo más valioso de aplicación de las microondas es el, ya mencionado, de las comunicaciones, desde las que se puede denominar privadas, pasando por las continentales e intercontinentales, hasta llegar a las extraterrestres. En este terreno,

las microondas actúan generalmente como portadoras de información, mediante una modulación o codificación apropiada. Existen otras aplicaciones como:

- Estudios de la Tierra desde el espacio, donde a los satélites no sólo fueron dotados de radares, sino también se instalaron en ellos sendos sistemas de radiometría de microondas y de infrarrojos.
- Conexiones entre ordenadores y periféricos, las redes WLAN desde la década de los 90 vienen experimentando un fuerte desarrollo, donde se establecieron uno de los estándares de WLAN más ampliamente divulgados, el IEEE 802.11. Este estándar genérico dispone de distintas versiones que son continuamente actualizadas, por ello se aprueba el estándar IEEE 802.11a, en el que se establecen frecuencias del orden de 5GHz para incrementar la disponibilidad del ancho de banda y poder así obtener mayor velocidades de transmisión, así como otros estándares para los Bluetooth.
- Calentar alimentos, un horno de microondas está conformado esencialmente por un generador de alta potencia y una cavidad de paredes metálica. A diferencia de los hornos convencionales en un horno de microondas el calentamiento actúa directamente sobre el interior de los alimentos.
- Terapias de calor, el calentamiento de tejidos orgánicos mediante la radiación de alta frecuencia también tiene destacadas aplicaciones en el campo de la medicina. Operan a frecuencias de 915MHz y 2.45GHz.
- Aceleradores de partículas, esta aplicación ha sido impulsado fundamentalmente por el estudio de la materia nivel subatómico.
- Otro gran campo de aplicación es el que se pudiera denominar científico. En radioastronomía ocurre que las radiaciones extraterrestres con frecuencia comprendidas entre 10 MHz y 10GHz pueden atravesar el filtro impuesto por la atmósfera y llegar hasta nosotros.

Es imposible hacer una enumeración exhaustiva de aplicaciones que, aparte de las ya citadas, pueden ir desde la mera confección de juguetes hasta el controlar procesos o funcionamiento de computadores ultra rápidos. Quizá el progreso de las microondas está en el desarrollo cada día mayor de los dispositivos a estado sólido, en los cuáles se consigue una disminución de precio y tamaño que puede llegar a niveles insospechados; estos sistemas son la combinación de los generadores a semiconductores con las técnicas de circuitería integrada, fácilmente adaptables a la producción en masa.

Sin embargo no todo son beneficios; un crecimiento incontrolado de la utilización de las

microondas puede dar lugar a problemas no sólo de congestión del espectro, interferencias, etc., sino también de salud humana; este último aspecto no está lo suficientemente estudiado, como se deduce del hecho de que los índices de peligrosidad sean marcadamente diferentes de unos países a otros.

1.5 TDM (Multiplexación por División de Tiempo)

Con esta técnica de multiplexación TDM se consigue un mayor rendimiento en los sistemas de transmisión, ya que permite enviar por una misma línea de transmisión varias comunicaciones simultáneas subdividiendo la información en el tiempo y, posteriormente, implementarse de forma síncrona y asíncrona.

1.5.1 TDM Síncrona

Este proceso se lleva a cabo "intercalando" las muestras de diferentes señales para que estas se puedan transmitir en forma secuencial por el mismo canal. Se emplea cuando la tasa de datos de la transmisión es mayor que la tasa de datos requerida por los dispositivos emisores y receptores.

En la *Figura N° 1.6* se muestra que cada una de las tres entradas A, B y C son conmutadas sucesivamente de manera que el flujo de datos de cada conexión de entrada se divide en unidades, donde cada unidad ocupa una ranura de tiempo de entrada. Una unidad puede ser un bit, un byte o un bloque de datos.

Cada unidad de entrada se convierte en una unidad de salida y ocupa una ranura de tiempo en la salida, denominada canal. La duración de esa ranura de tiempo de salida es "n" veces más corta que la de entrada. Es decir, la unidad en la conexión de salida viaja más rápido.

Las ranuras de tiempo se agrupan en tramas. Una trama consta de un ciclo completo de ranuras de tiempo, con una ranura (canal) dedicada a cada dispositivo emisor; es por esto que se denomina TDM síncrona.

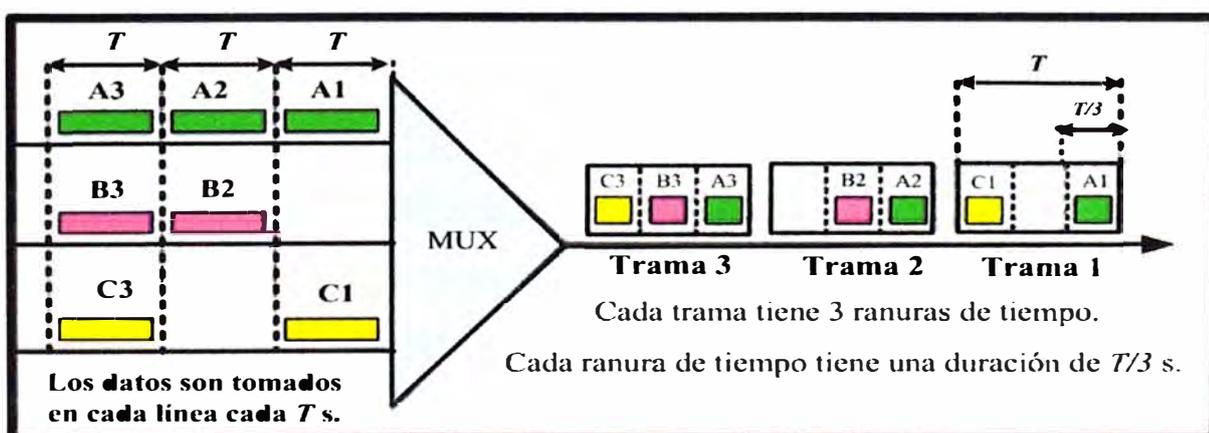


Figura N° 1.6 Multiplexación por División de Tiempo (TDM) síncrona.

La sincronización entre el multiplexor y el demultiplexor es un aspecto importante; si no están sincronizados, un bit de un canal puede ser recibido por un canal equivocado. A continuación se muestran algunas aplicaciones de TDM síncrona:

a. PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona)

No se considera netamente síncrona, pero se refiere a que dos sistemas utilizan referencias de tiempo distintas, pero entre ellos se establece un proceso de inicio de comunicación que hace al sistema casi síncrono. Adicionalmente, con este estándar se establece una jerarquía para la obtención de tramas de mayor capacidad, a partir de la multiplexación de tramas de nivel inferior, denominada PDH. Plesiócrono significa *cuasi síncrono*. Cada tributario viene de redes que tienen su propio reloj. Cuando llegan al MUX TDM deben sincronizarse. La multiplexación se produce bit a bit. La fuente podría ser por ejemplo un sistema PCM30, un central de conmutación o cualquier dispositivo que cumpla con la norma. En las etapas de concentración y expansión de la conmutación telefónica digital, se utiliza TDM. Hay diferentes estándares; los más utilizados son el europeo E1 y el americano T1.

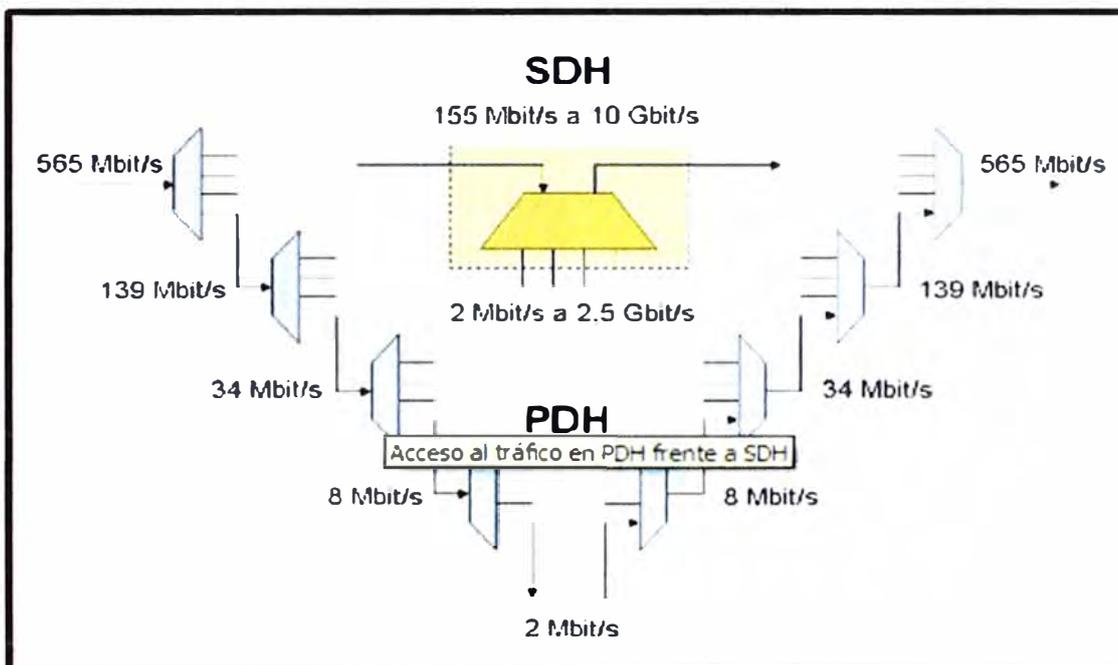


Figura N° 1.7 Acceso al tráfico en PDH frente a SDH.

La técnica de multiplexación TDM tiene como objetivo multiplexar canales PCM; según el estándar que se escoja, ya sea ETSI o ANSI, para lograr lo que se denomina una trama PCM de primer orden (E1 ó T1), además, en una trama hay tantas ranuras de tiempo (*Time Slot*) como canales de entrada. A continuación se muestra una tabla con los valores típicos de los niveles de transmisión PDH.

NIVEL	CIRCUITOS/ CANALES	VELOCIDAD	COMPOSICION
E1	30	2.048Mbps	32 señales de 64Kbps
E2	120	8.448Mbps	4 de 2Mbps
E3	480	34.368Mbps	4 de 8Mbps
E4	1920	139.264Mbps	4 de 34Mbps

Figura N° 1.8 Niveles de transmisión PDH.

a. SDH (Jerarquía Digital Síncrona)

A diferencia de PDH, en SDH las señales se multiplexan byte a byte de forma síncrona. Ello permite que se pueda acceder de forma directa y simple a las señales multiplexadas, sin tener que “deshacer” todas las etapas de multiplexación.

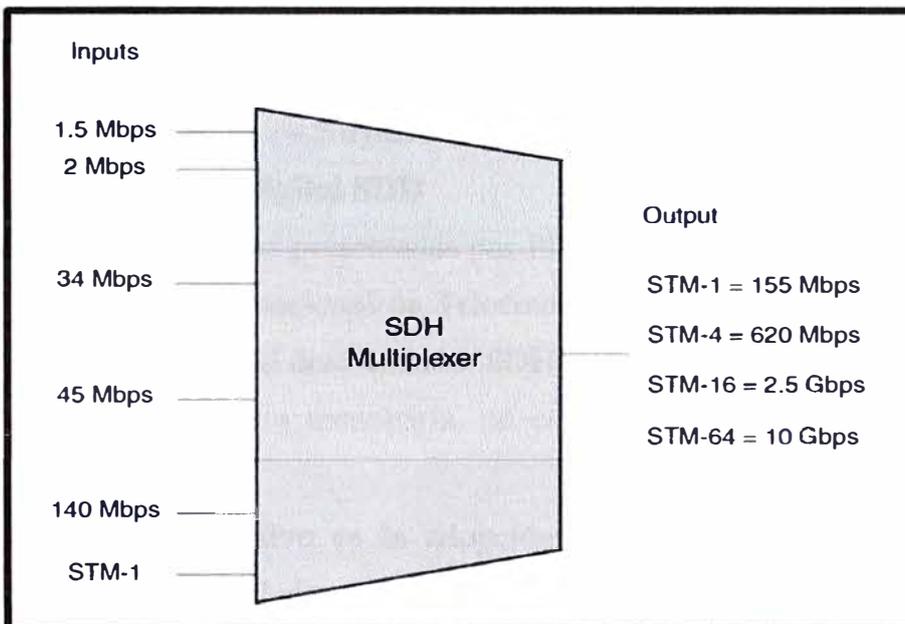


Figura N° 1.9 Multiplexación SDH.

SDH no nace para sustituir a PDH, sino para ser usado conjuntamente como medio de transporte en los enlaces que requieren mayor capacidad. Por ello, se ha previsto una forma estándar para transportar tramas PDH dentro de tramas SDH (hasta 3 E3 en una STM-1).

1.5.2 TDM Asíncrona

En TDM síncrona, cada entrada tiene una ranura reservada en la trama de salida. Esto puede ser ineficiente si algunas líneas de entrada no tienen datos que enviar. En cambio la TDM asíncrona permite la asignación dinámica de las ranuras. Sólo cuando una línea de entrada tiene datos que enviar obtiene una ranura en la trama de salida. Un ejemplo claro de TDM asíncrona es la tecnología ATM.

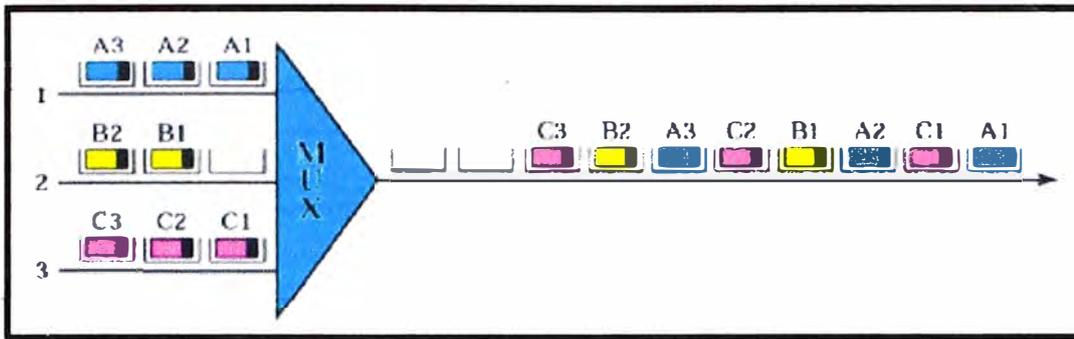


Figura N° 1.10 Multiplexación por División de Tiempo (TDM) asíncrona.

a. ATM (Modo de Transferencia Asíncrona)

Es una tecnología de transporte utilizada en las redes de telecomunicaciones. Utiliza la TDM asíncrona para multiplexar los paquetes de datos que vienen de diferentes canales. Por eso se denomina modo de transferencia asíncrona ATM. En ATM, los paquetes de diferentes tamaño se segmentan y reensamblan en unidades de igual longitud, llamadas celdas de 48 bytes (+ 5 bytes de control), las cuales se multiplexan en forma asíncrona.

1.6 Tecnología Digital SDH

Todas las carencias presentadas por PDH propiciaron la definición en 1988 por parte de la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) de un nuevo estándar mundial para la transmisión digital denominada SDH (Jerarquía Digital Síncrona ó JDS en Europa). Previamente a esta tecnología, se establece SONET (Red Óptica Síncrona) en Norte América.

El principal objetivo es 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 está definida en las recomendaciones de la ITU-T (G.707 a 709), las cuales definen la tasa básica de transmisión en SDH parte de una señal de 155.520 Mbps denominada Módulo de Transporte Síncrono de primer nivel o STM-1.

Velocidad STM-1 = $(270\text{bytes} \times 9 \text{ octetos})/125\mu\text{s} \rightarrow 270 \times 8 \times 9 \text{ bits} / 125\mu\text{s}$

Velocidad STM-1 = 155.520Mbps

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 Mbps), STM-16 (2.5 Gbps) y STM-64 (10 Gbps). En SONET, que puede considerarse un subconjunto de SDH, se parte de una velocidad de transmisión de 51,840 Mbps. A continuación se

muestra una tabla comparativa con los valores de capacidades para cada nivel de transporte:

Optical Level	SONET level (Electrical)	SDH Level (Electrical)	Data rate (Mbps)	Overhead rate (Mbps)	Payload rate (Mbps)
OC-1	STS-1	STM-0	51.84	1.728	50.112
OC-3	STS-3	STM-1	155.52	5.184	150.336
OC-12	STS-4	STM-4	622.08	20.736	601.344
OC-48	STS-48	STM-16	2488.32	82.944	2405.376
OC-192	STS-192	STM-64	9953.28	331.776	9621.504
OC-768	STS-768	STM-256	39813.12	1327.104	38486.016

Figura N° 1.11 Comparación de tasas SONET y SDH.

Frente a las estructuras malladas de las redes PDH, SDH apuesta por arquitecturas en anillo, constituidas por multiplexores de extracción e inserción de señales o ADMs (*Add and Drop Multiplexers*). Los anillos permiten conseguir redes muy flexibles, pudiendo extraer señales tributarias del tráfico agregado en cualquiera de los nodos que conforman el anillo.

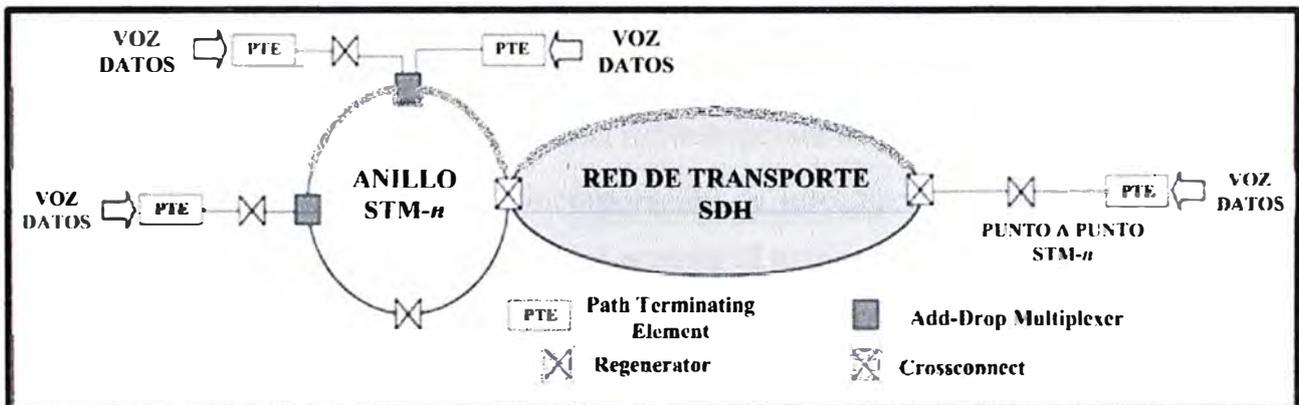


Figura N° 1.12 Arquitecturas en anillo SDH.

Dadas las altas velocidades transmitidas, la seguridad es un requisito a tener muy en cuenta en las redes de transporte. La solución de protección 1+1 da lugar a los denominados anillos híbridos autoregenerables, en los cuales el tráfico se encamina simultáneamente por dos caminos, siendo recogido en el nodo destinatario. En caso de la caída de algún equipo intermedio, el nodo destinatario conmutará al otro camino.

Puesto que las tramas SDH incorporan información de gestión de los equipos, es posible tanto la gestión local como la centralizada de sus redes.

La flexibilidad en el transporte de señales digitales de todo tipo permite la provisión de muchos servicios sobre una única red SDH: servicio de telefonía, arrendamiento de

circuitos o usuarios privados, creación de redes MAN y WAN, servicio de videoconferencia, distribución de televisión por cable, etc.

Actualmente los operadores consideran muy importante los sistemas SDH, desde el primer nivel (STM-1) por microondas hasta los niveles superiores (STM-4, STM-16, etc.) por fibra óptica.

1.6.1 Características de SDH

Como SDH es un sistema síncrono, todos los elementos de una red SDH utilizan como referencia solamente un reloj. Este reloj proporcionará los pulsos de referencia para los sistemas digitales. La señal puede ser transmitida por un tributario de 2Mbps, o por la misma señal SDH. Aunque los usuarios finales se deben beneficiar de SDH de forma indirecta, puesto que ésta potencia el desarrollo e implantación de sistemas de banda ancha de alta calidad y fiabilidad, sus beneficios directos recaen sobre los explotadores de redes. Las razones principales son la posibilidad de integrar las funciones de transmisión, multiplexación e interconexión en un solo equipo y la alta competencia entre proveedores de equipos debida a la alta estandarización de la tecnología SDH.

Es compatible con muchos otros estándares aceptados como E1, T1, etc.

El acceso directo a las señales de cualquier nivel sin necesidad de demultiplexar en todos los niveles, esto permite la creación de una infraestructura de red muy flexible y uniforme.

La sencilla explotación debida a la incorporación de información de gestión adicional en las tramas de información de datos lo cual permite el mantenimiento centralizado, rápida y exacta localización de averías, el reencaminamiento automático, la monitorización permanente de la calidad del circuito, etc.

La compatibilidad multifabricante a nivel de interfaces de transporte, lo cual garantiza la integración de las redes de los distintos operadores y la convergencia con ATM e IP, y la capacidad de interfuncionamiento simultáneo con PDH.

Actualmente la gran demanda por altas velocidades de transmisión para las dorsales de fibra óptica en nuestro país está haciendo que SDH deje de ser prioritario para la transmisión por fibra óptica frente a la nueva tecnología llamada DWDM (Multiplexación por densidad de longitud de onda), la cual se basa fundamentalmente en la multiplexación de varias señales ópticas, cada una con una longitud de onda o frecuencia óptica diferente, sobre la misma fibra, permitiendo aprovechar el caro y escaso tendido de fibra óptica monomodo convencional existente. Los anchos de banda comercialmente disponibles actualmente mediante DWDM, llegan hasta los 400Gbps, resultado de multiplexar 40

canales SDH STM-64. Sin embargo, debido a la carencia de muchos servicios en zonas de difícil acceso como por ejemplo las zonas rurales de sierra y selva, se considera una muy buena solución la implementación de SDH que brinda capacidades de acuerdo a los servicios ofrecidos en dichas zonas del interior del país y complementadas posteriormente con tramos de fibra para obtener finalmente completar un anillo redundante sólido y proyectado a la Red Dorsal de fibra óptica.

1.6.2 Estructura de multiplexación SDH

La Estructura de multiplexación SDH es una característica importante para tener un estándar internacional confiable donde todas las interfaces con tasas de bits PDH deben ser acomodadas en la estructuras SDH desde niveles inferiores hasta niveles superiores, logrando la multiplexación TDM. Esto es hecho permitiendo a varias interfaces de bajas velocidades binarias puedan ser mapeadas dentro de la trama SDH fácilmente, como se describe y muestra en la *Figura N° 1.13*.

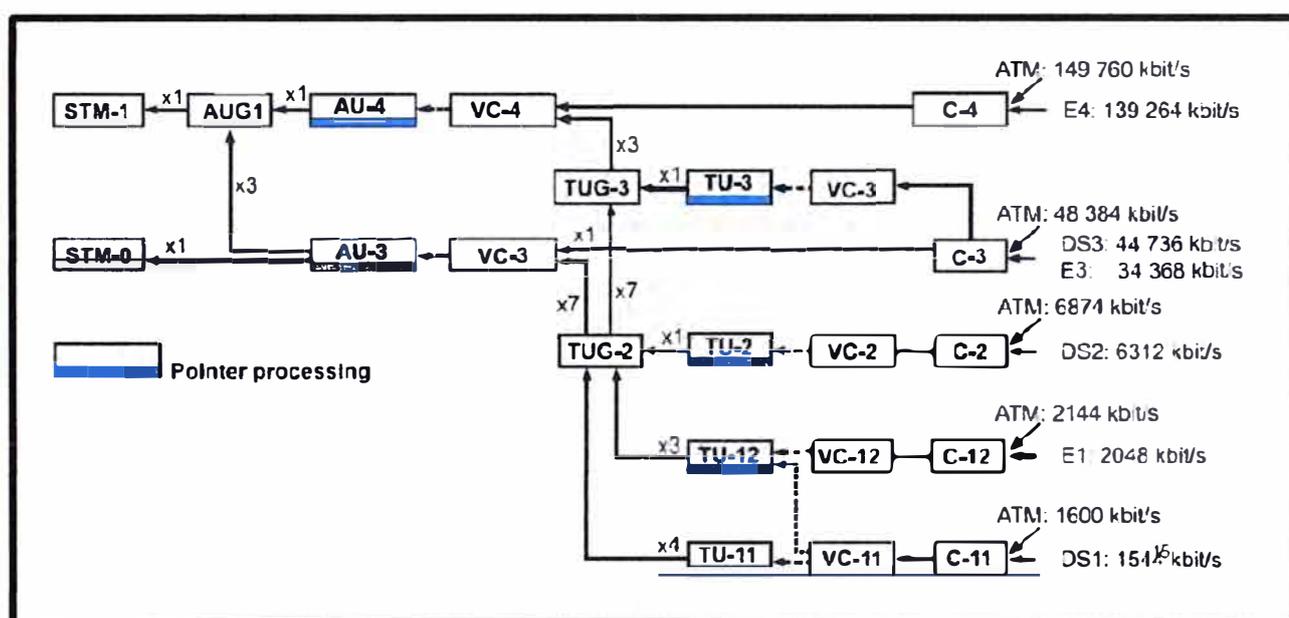


Figura N° 1.13 Estructura de multiplexación SDH.

Considerar el mapeado de una señal de 2Mbps dentro de una trama SDH. La señal original PDH debe ser de 2 048Kbps con una variación de 50ppm. Esto es insertado dentro de un contenedor (C-12) donde la justificación toma lugar usando técnicas de relleno clásicas. Esto es hecho compensando las variaciones de frecuencia permitidas en las tasas SDH y PDH. El relleno de bits asegura que las variaciones de 50 ppm en la señal PDH no resulten en errores cuando se desmapea en el destino final.

El contenedor es entonces colocado dentro de un contenedor virtual (VC-12) donde una cabecera extra es agregada. Esta cabecera extra es transportada con la señal a través de la red. Esto permite mantener y supervisar la señal a través de la red. Esto incluye detección de errores, indicaciones de alarma y una etiqueta de señal. Un puntero es entonces agregado al contenedor virtual para formar una unidad tributaria (TU-12). Esto permite al sistema SDH compensar diferentes fases a través de la red o redes. Tres TU's son entonces multiplexados dentro de una unidad de grupo tributario (TUG-2). Siete TUG-2's son multiplexadas dentro de una TUG-3. Esta es una unidad dentro de una señal E3 dentro de la trama SDH. Tres TUG-3's son multiplexados vía el AU-4 y AUG dentro de la trama STM-1. La tasa de bits del tributario contenida dentro de cada contenedor virtual es mostrada en la *Figura N° 1.14*.

Contenedor Virtual (VC)	Tasa Tributaria
VC-11	T1 (1.544 Mbps)
VC-12	E1 (2.048 Mbps)
VC-3	E3 (34.368 Mbps) ó T3 (44.736Mbps)
VC-4	E4 (139.264 Mbps) ó ATM (149.76 Mbps)

Figura N° 1.14 Tasas de bit soportados por cada Contenedor Virtual.

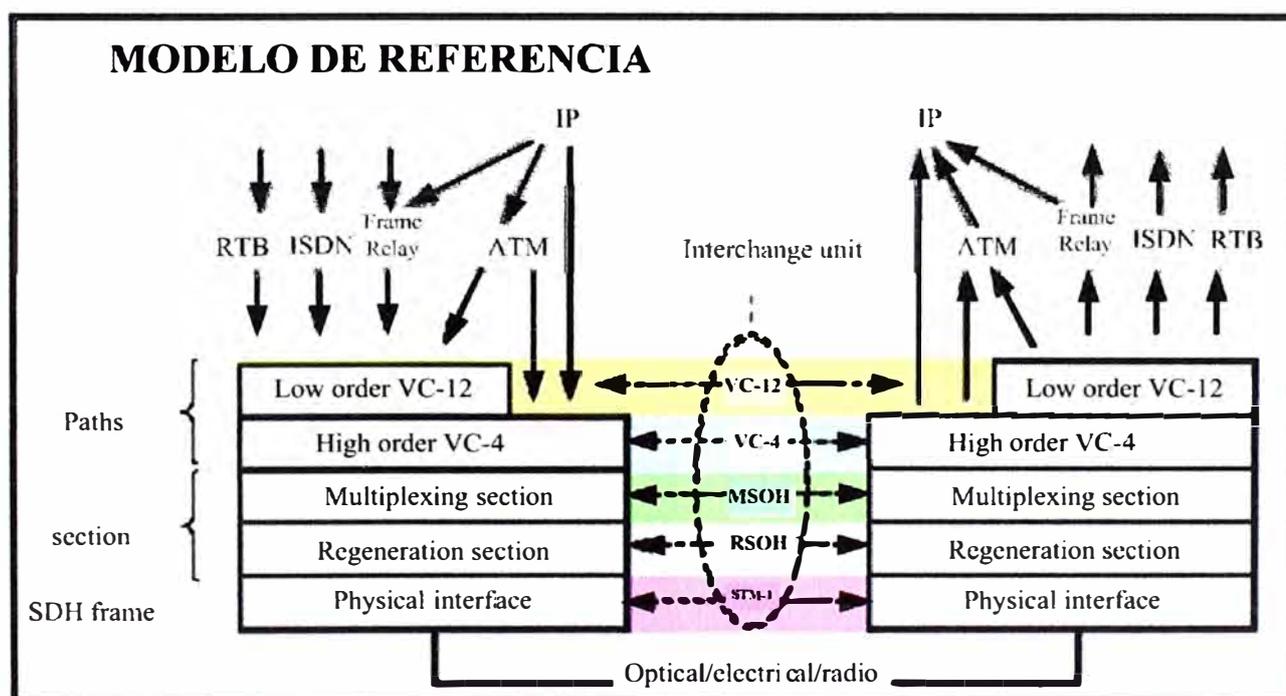


Figura N° 1.15 Modelo de referencia de SDH

a. Estructura de la trama SDH

La trama básica SDH consiste de una matriz de bytes de 8 bits organizados dentro de 270 columnas y 9 filas. La duración de la trama de 125us. Está conformada principalmente por 3 áreas de interés (*Figura N° 2.16*):

- Sección de la cabecera extra (SOH)
- Puntero AU
- Carga útil (Pay load)

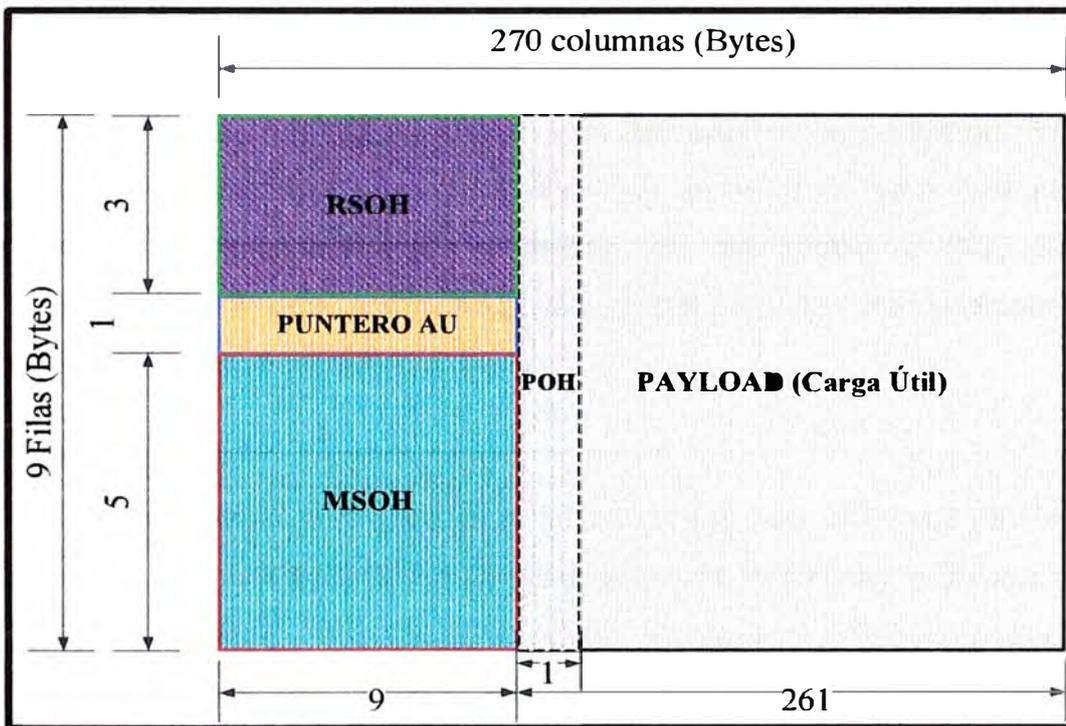


Figura N° 1.16 Estructura de la trama SDH.

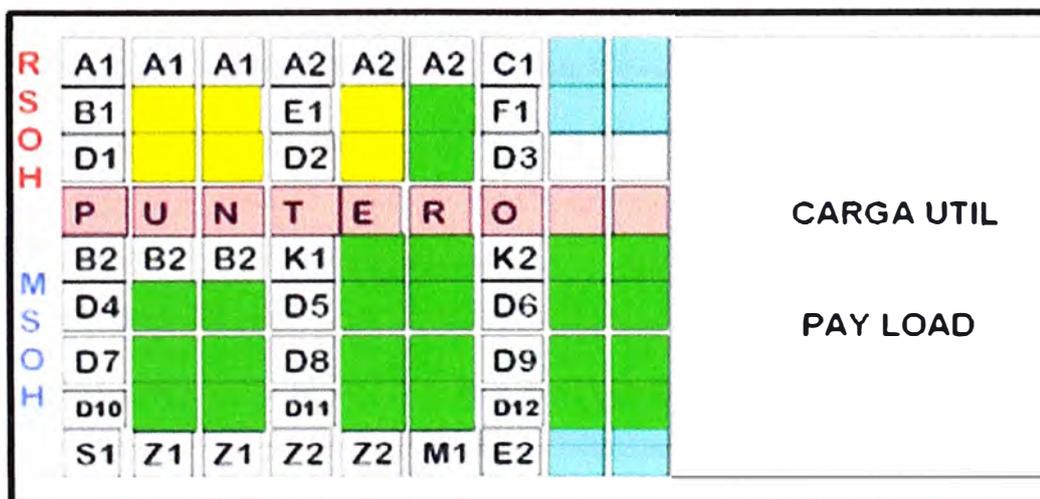


Figura N° 1.17 Estructura de cuadros SDH.

- **Sección de la cabecera extra (SOH)**

El SOH es usado para el sistema de transporte individual, para permitir el monitoreo de errores, alarma de monitoreo y la administración de servicios y red. Esto contiene 2 partes: Una sección de regeneración de cabecera extra (**RSOH**) y una sección de multiplexación de la cabecera extra (**MSOH**).

El RSOH está terminado en cada regenerador y tiene tres filas de nueve bytes, mientras que el MSOH solo es terminado en el multiplexor y no es afectado por el regenerador y tiene cinco filas por nueve bytes. Esto facilita el monitoreo del camino entre los multiplexores separadamente de las secciones de regeneración de datos para administración (D1 a D3), un canal físico del orden de regeneración (E1), y un canal de uso de contingencia (F1). En el MSOH hay un canal de datos multiplexados (E2), un interruptor de protección de la sección de multiplexación (K1, K2), y bytes de monitorización de error intercalados con paridad (B1, B2). Recientemente un byte S1 fue definido para status de sincronización.

- **Puntero AU**

Un sistema sincrónico se basa en el hecho de que cada reloj está en sincronía de fase y frecuencia con el siguiente. En la práctica eso es imposible de alcanzar, por lo tanto la desviación de fase y frecuencia debe ocurrir. En una red, el reloj de frecuencia se extrae de la señal de línea, sin embargo las variaciones de fase ocurren debido a vibraciones acumuladas sobre la red. En la interface de red, las variaciones de frecuencia ocurren. Y lo que SDH hace, para vencer este problema, es usar punteros o “Point” para las direcciones del inicio del contenedor en la trama. Por ejemplo, el puntero AU-4 muestra donde el VC-4 empieza en la trama. En los VC-4 están los punteros TU que muestran donde la VC de orden inferior (Tales como VC-12) empiezan, relativas a la posición de VC-4.

- **Carga Útil (Pay Load)**

La carga útil tiene la función de transportar las señales de los tributarios. Posee una capacidad de 149,76Mbps. Además, se le agrega 9 bytes de cabecera de trayecto (POH), que son añadidos para permitir el monitoreo de la información útil en la trama SDH.

1.7 Esquema general de un enlace de microondas

Un enlace vía microondas está, básicamente, compuesto de tres componentes fundamentales: El transmisor, el receptor y el canal aéreo. El transmisor es el responsable de modular una señal digital a la frecuencia interna, llamada también frecuencia

intermedia, y adecuarla para su transmisión por el canal de Radio Frecuencia (RF), con la frecuencia de transmisión, la cual pasa a través de filtros, circuladores (branching), etc. El canal aéreo representa un camino abierto entre el transmisor y el receptor. Este camino, añade pérdidas o atenuación al enlace debido a la propagación misma de las ondas electromagnéticas y a los medios naturales que se presentan en toda comunicación radioeléctrica. Como es lógico el receptor es el encargado de capturar la señal transmitida y llevarla de nuevo a señal digital.

Un factor limitante para la propagación de la señal en enlaces microondas es la distancia que se debe cubrir entre el transmisor y el receptor, además esta distancia debe ser libre de obstáculos (Línea de vista). Otro aspecto muy importante que se debe señalar es que en estos enlaces, para una buena operación, el receptor y el transmisor deben tener una altura mínima sobre los obstáculos del trayecto, con el fin de satisfacer las condiciones de claridad y criterio de propagación sobre las zonas de Fresnel.

1.7.1 Zona de Fresnel

Se llama zona de Fresnel al volumen de espacio entre el emisor de una onda electromagnética y el receptor, de modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los 180° .

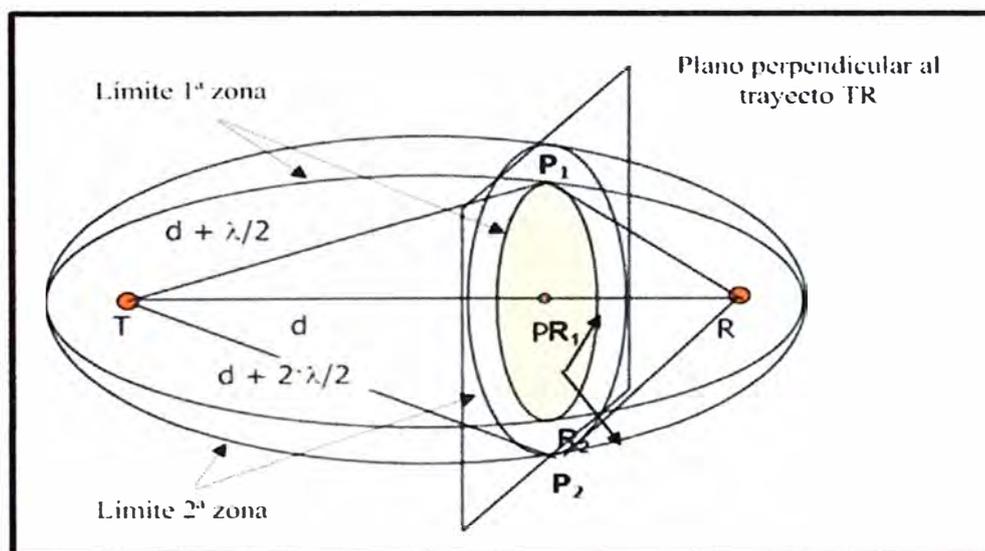


Figura N° 1.18 Descripción de las zonas de Fresnel.

Para radiocomunicaciones, la zona libre de obstrucción, depende del valor K (factor de curvatura de la Tierra) considerando que para un $K=4/3$ la primera zona de Fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio de $K= 2/3$ se debe tener despejado 60% de la primera zona de Fresnel.

1.7.2 Parámetros de propagación

Existen muchos factores que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar un enlace de microondas, como por ejemplo las pérdidas por atenuación de los cables, el espacio libre, las atenuaciones debido a la reflexión, refracción y difracción de la señal, los ruidos internos y externos, etc.

Se indica, en la siguiente figura, una fórmula para calcular de manera teórica los niveles de recepción en base a la potencia de transmisión y las pérdidas generada en un enlace de microondas:

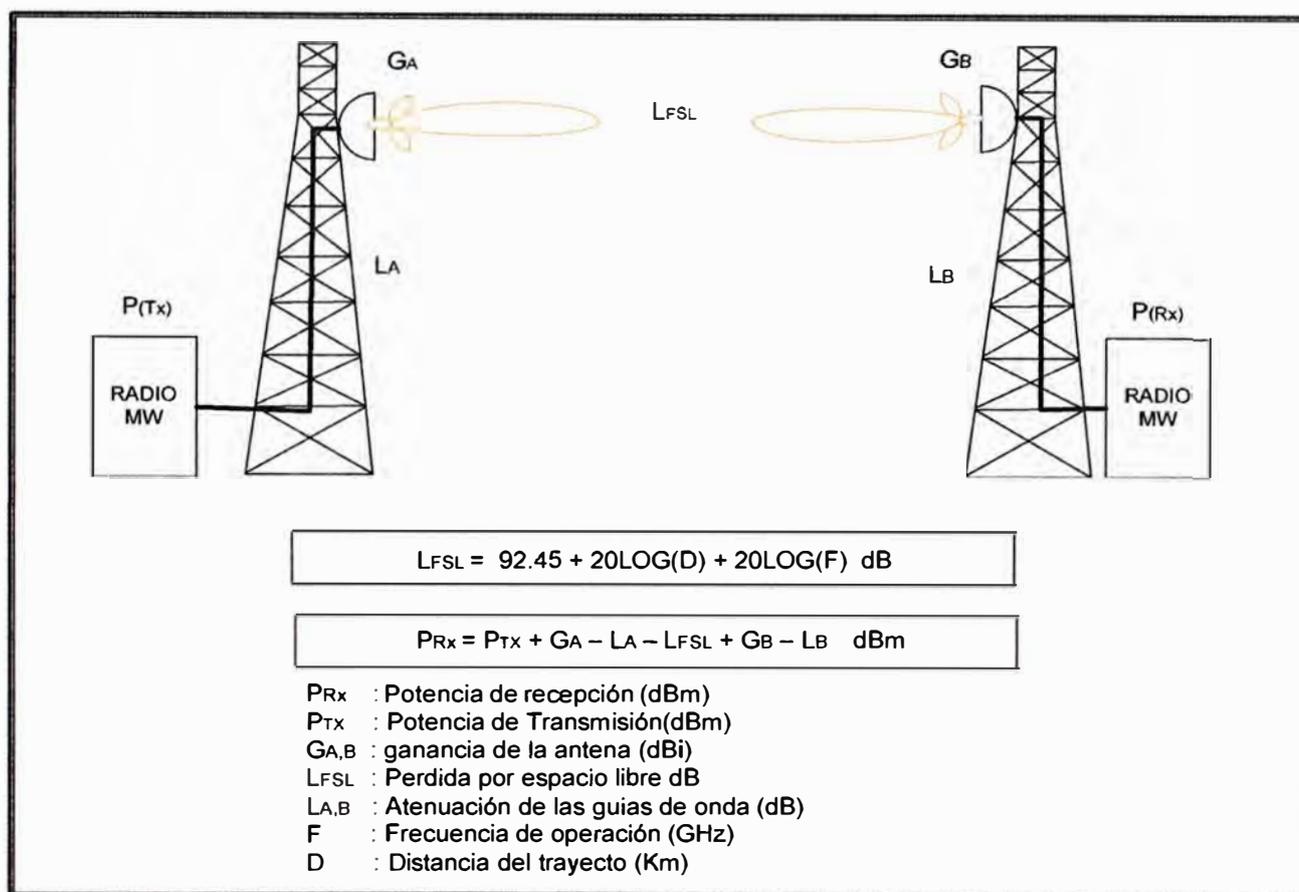


Figura N° 1.19 Parámetros de propagación

1.7.3 Estación Terminal

Estación de microondas que se interconecta con una red troncal de alta capacidad o representa una estación de terminación de servicios.

1.7.4 Estación Nodal

Estación de microondas donde se añade o sustrae señales desde o hacia otras estaciones.

1.7.5 Estación Repetidora

Estación de microondas que es encargada de regenerar y/o amplificar las señales que se enlazan con otras estaciones ubicadas a mayores distancias. Pueden ser activas o pasivas.

1.7.6 Multiplexores sumadores

El ADM es un bloque constitutivo fundamental de la red SDH. Esto no es tan simple como “romper” una señal de un caudal de 2Mbps total porque VC-4 necesita ser roto en sus VC-12's antes de que el acceso a la señal de 2Mbps pueda ser obtenida. El principio es que los contribuyentes puedan ser extraídos y adicionados usando control por software. Los ADM's son típicamente usados para capacidades STM-1 y STM-4.

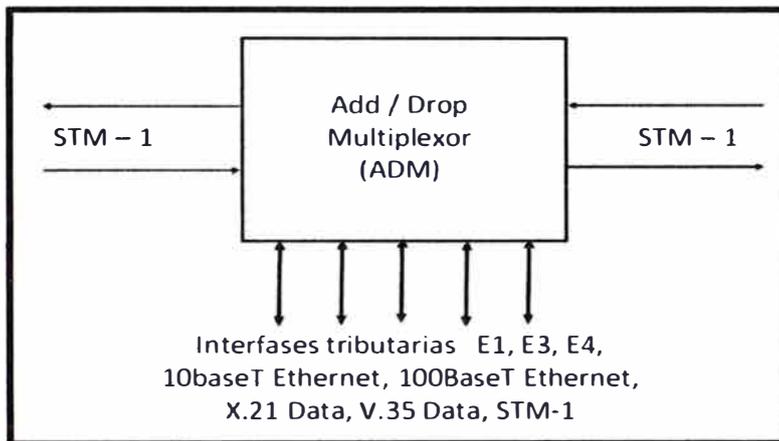


Figura N° 1.20 Multiplexor Add/Drop.

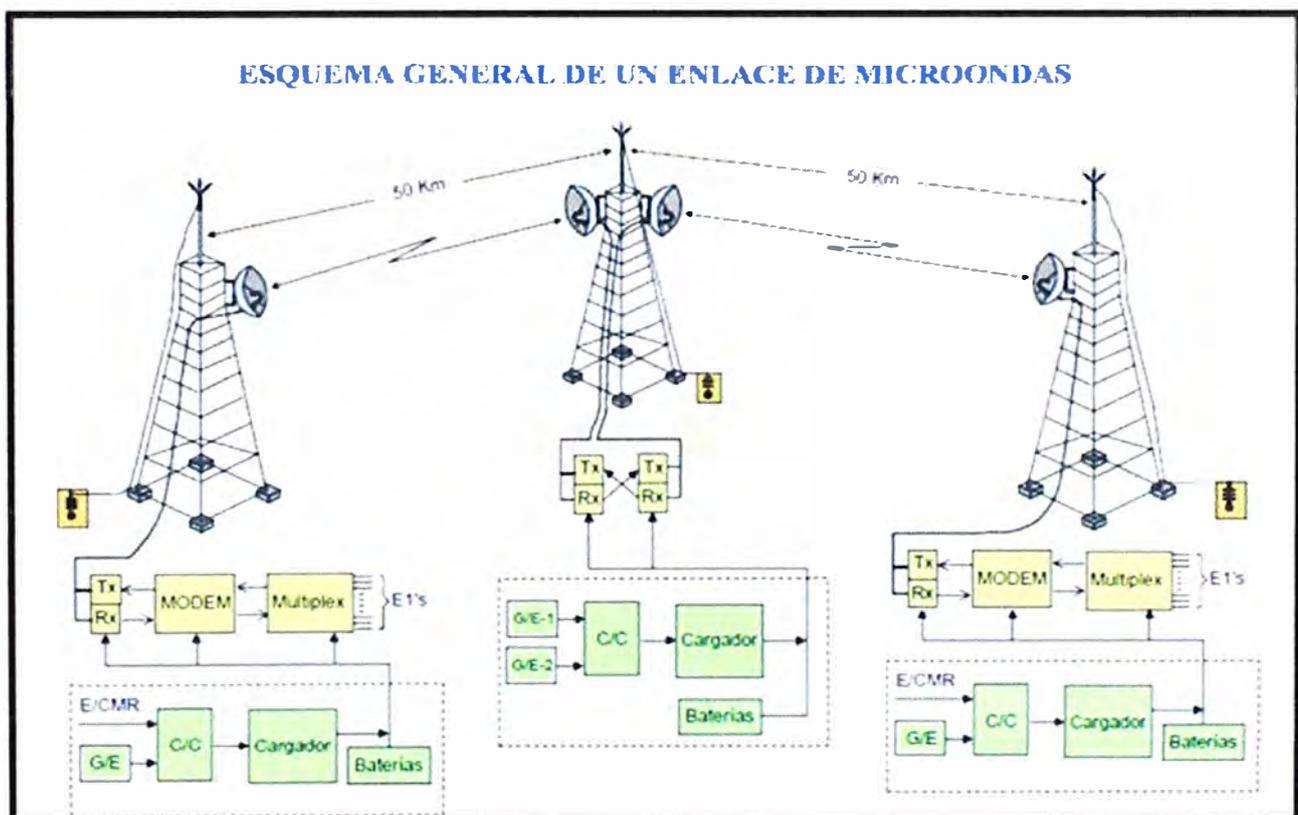


Figura N° 1.21 Ejemplo típico de un enlace de microondas.

CAPÍTULO II ANÁLISIS DE LA OFERTA Y DEMANDA EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA RED SDH

2.1 Introducción

El análisis de la capacidad necesaria se basa con la información del tráfico generado actualmente en las localidades involucradas a través de la telefonía fija, pública y velocidades de acceso a internet para las instituciones educativas, municipalidades, centros de salud y comisarias, todo esto en base al análisis de proyección para los próximos años.

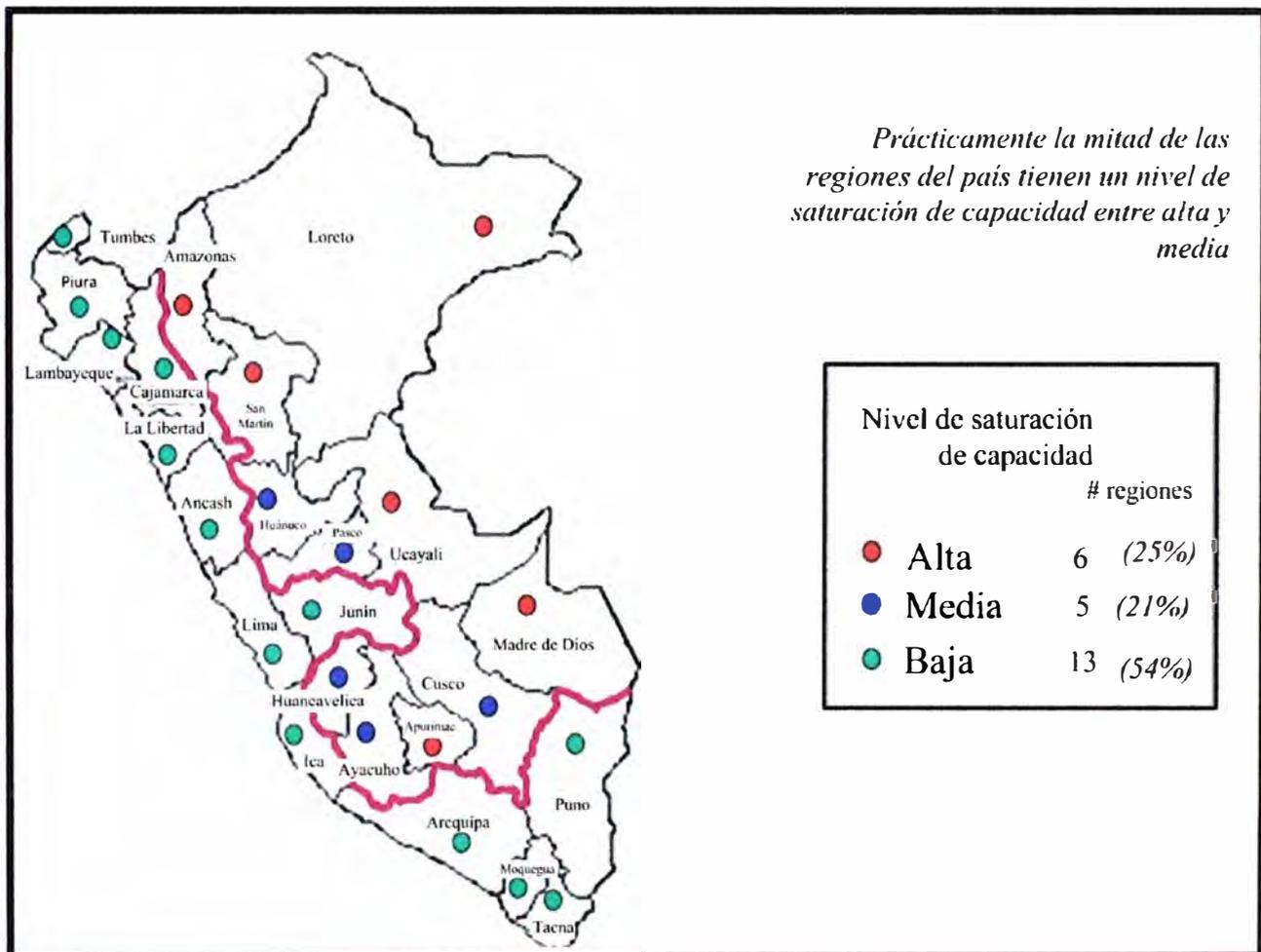


Figura N° 2.1 Estado de saturación de las Redes de Telecomunicaciones.
Fuente: Conferencia UNI 2011 (Día Mundial de las Telecomunicaciones).

2.2 Área de influencia y estudio

Las localidades beneficiadas se encuentran en la selva alta amazónica pertenecientes al departamento de Amazonas, aquellas localizadas en la cuenca alta del río Marañón y a lo largo de la carretera de penetración Bagua-Santa María de Nieva. Esta zona está caracterizada por su diversidad ecológica y geográfica, rica en flora y fauna, de selva, presenta altitudes que van desde los 230 msnm hasta los 2000 msnm.



Figura N° 2.2 Ubicación geográfica del área de influencia.
Fuente: Mapa vial-MTC.

Por la margen derecha, el río Marañón tiene como principales afluentes a los ríos Utcubamba, Chiriaco y Nieva. Por la margen izquierda, el río Marañón, tiene como tributarios a los ríos Cenepa y Santiago. El sector de la cuenca del Río Marañón, pertenece a la cuenca del río Amazonas que posee una gran riqueza ictiológica, siendo navegable en balsas y canoas con motores fuera de borda.

Dentro del área de desarrollo del Proyecto se encuentra una infinidad de recursos naturales y, dicha área, tiene una ubicación estratégica para desarrollarse potencialmente en el aspecto comercial, de manera que todas las localidades beneficiadas puedan solicitar telefonía fija, mejorar los servicios de telefonía pública y lo más importante que incentivan a las operadoras de servicios de telecomunicaciones a ofrecer servicios de calidad en las comunicaciones móviles e internet además de darles oportunidades para la conectividad a los gobiernos locales, instituciones educativas, instituciones privadas, centros de salud y centros policiales.

2.3 Análisis Socioeconómico

2.3.1 Descripción Poblacional

El área de interés está comprendida por las localidades de Copallín, El Parco, Aramango y Chiriaco (Imaza) pertenecientes a la Provincia de Bagua y Santa María de Nieva perteneciente a la Provincia de Condorcanqui en el departamento de Amazonas. La población total, según proyección del INEI, para las localidades de interés, asciende a 70,738 habitantes y está representada en el *Figura N° 2.3*.

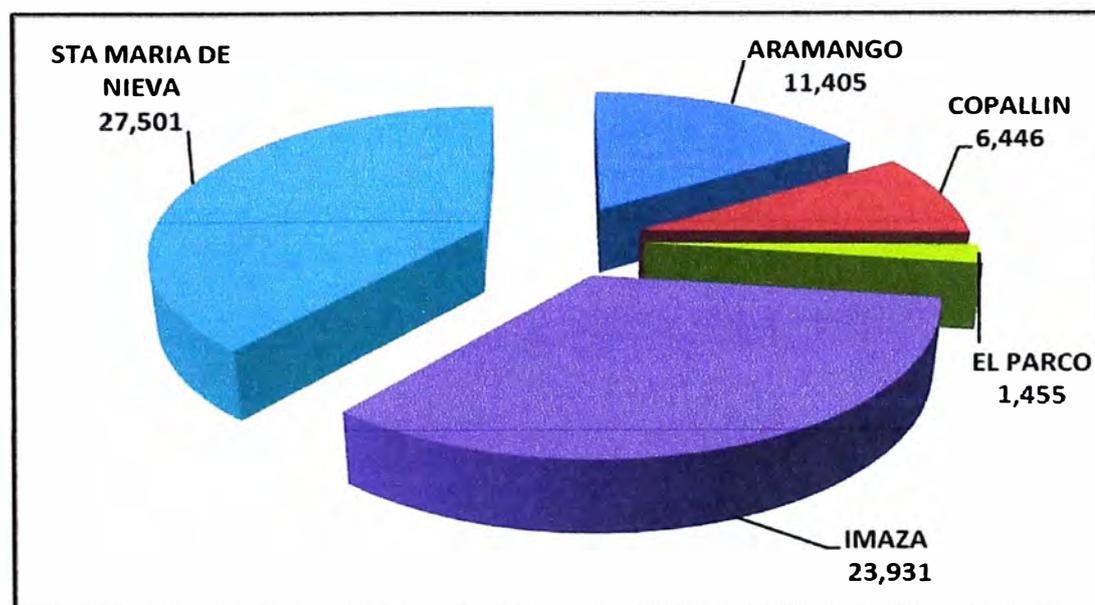


Figura N° 2.3 Distribución de habitantes por Distrito al 2013.

Fuente: INEI-“Estimaciones y proyecciones de población por sexo, según departamento, provincia y distrito, 2000-2015”.

a. Distrito de Copallín

El distrito de Copallín es uno de los seis distritos de la provincia de Bagua, ubicada al sur de Bagua capital en el departamento de Amazonas, en el norte del Perú.

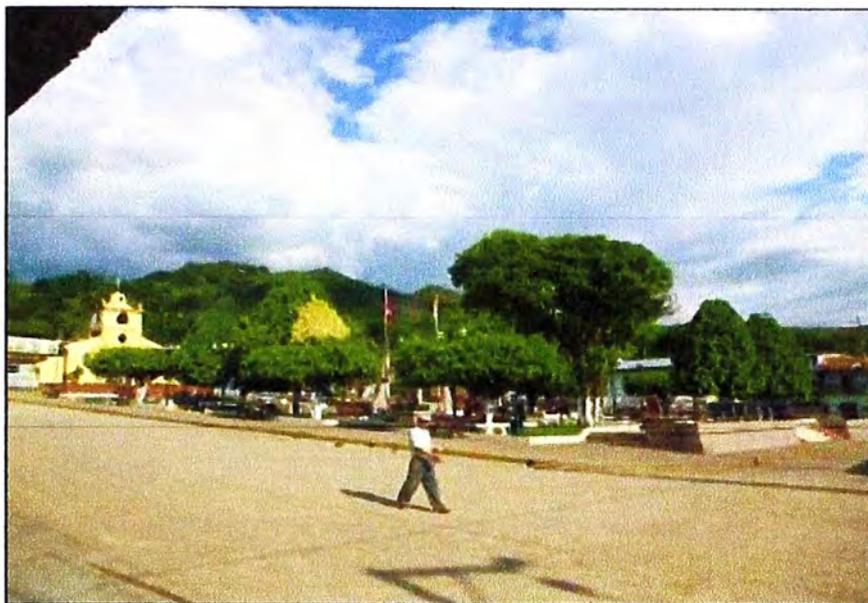


Figura N° 2.4 Vista de la plaza de armas de Copallín.

Fuente: Estudio de campo.

b. Distrito de El Parco

El distrito de El Parco, que pertenece a la provincia de Bagua, se encuentra ubicado al sureste de Bagua capital.



Figura N° 2.5 Vista de la plaza y municipalidad de El Parco.

Fuente: Estudio de campo.

c. Distrito de Aramango

El distrito de Aramango, que pertenece a la provincia de Bagua, está ubicado al norte de Bagua capital.

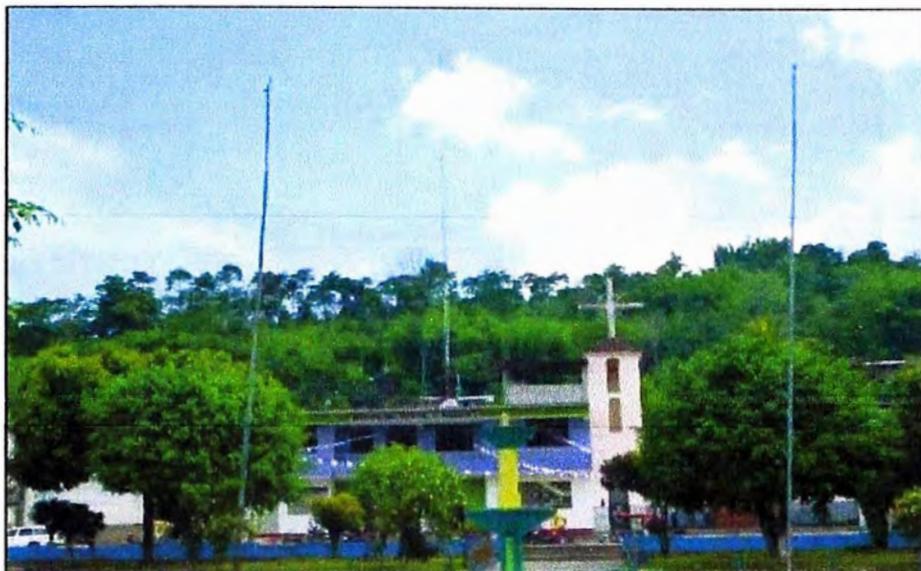


Figura N° 2.6 Vista de la plaza y municipalidad de Aramango.
Fuente: Estudio de campo.

d. Distrito de Imaza

El distrito de Imaza, cuya capital es la localidad de Aramango que pertenece a la provincia de Bagua, se encuentra ubicado al noreste de Bagua capital.



Figura N° 2.7 Vista de la municipalidad de Imaza.
Fuente: Estudio de campo.

e. Distrito de Santa María de Nieva

El distrito de Santa María de Nieva es uno de los tres distritos de la provincia de Nieva ubicada en el departamento de Amazonas, en el norte del Perú.



Figura N° 2.8 Vista de la entrada al distrito de Sta. María de Nieva
Fuente: Santamariadenieva.blogspot.com.

2.4 Análisis de la Demanda actual y la proyectada

Actualmente en el departamento de Amazonas se encuentran presente los servicios de telefonía móvil, fija y pública, internet y televisión por cable, los cuales son aún insuficientes debido a que estos llegan a las principales ciudades tales como Bagua, Bagua Grande, Chachapoyas, etc.; también a localidades alejadas pero con deficiente capacidad y cobertura. Las empresas de telecomunicaciones que operan en el departamento de Amazonas se muestran en la *Tabla N° 2.1*.

Tabla N° 2.1 Las empresas y servicios de operadores en Amazonas.

EMPRESA	SERVICIO OFRECIDO	MEDIO DE ACCESO
América Móvil S.A.C., Telmex Perú.	Telefonía Fija y Móvil	Satelital, Terreste (PDH y SDH)
Gilat To Home Perú S.A.	Telefonia Fija , Pública y Servicio de Internet	Satelital
Rural Telecom S.A.C	Telefonia Pública y Servicio de Internet	Satelital
Telefónica del Perú S.A.A. y Telefónica Móviles S.A.	Telefonía Fija, Pública y Móvil	Satelital, Terreste (PDH y SDH)

Fuente: OSIPTEL
Elaboración propia.

Las provincias involucradas son Bagua y Condorcanqui, ésta última tiene un acceso netamente satelital. En estos casos los servicios de telecomunicaciones actualmente ofrecidos en esta zona son aún insuficientes y costosos dado que el segmento satelital bordea los US\$3,500 dólares mensuales por MHz. (puede variar de US\$ 3,500.00 x MHz hasta US\$ 7,500.00 x MHz).

A continuación se muestra el alcance de los servicios de telecomunicaciones en la zona de interés de proyecto.

Tabla Nº 2.2 Alcance de los servicios de telecomunicaciones en la zona de interés.

Valores estadísticos de los Distritos de influencia para el Proyecto		AMAZONAS	
		Cantidad de Hogares	%
SERVICIO QUE POSEE EL HOGAR*	TOTAL	13,654	
	TELEFONO FIJO / PUBLICO	40	0.29
	TELEFONO CELULAR	436	3.19
	CONEXIÓN A INTERNET	7	0.05
	CONEXIÓN TV POR CABLE	127	0.93
	NINGUNO	13,074	95.75

*No suma el total de hogares, debido a que la información analizada corresponde a respuesta múltiple

Fuente: INEI-Censo 2007

Elaboración propia

En este departamento se puede observar, que existe un muy elevado porcentaje, superior al 95%, de hogares que aún no disponen de algún servicio de telecomunicaciones. De otro lado la penetración del servicio de internet a nivel hogar no llega ni al 0.1% en los distritos involucrados en la región de Amazonas, los cuales claramente evidencian una clara falta de acceso a los servicios básicos de telecomunicaciones en esas localidades.

Se concluye que existe una demanda insatisfecha que tiene que ser cubierta con este Proyecto, brindando servicios de telecomunicaciones a localidades urbanas y rurales a lo largo, principalmente, del río Marañón (cuena alta) así como de la carretera Bagua – Santa María de Nieva.

Las Telecomunicaciones en la actualidad ya son consideradas servicios básicos para cualquier sociedad o grupo humano, su demanda como cualquier otro servicio básico está siempre presente y la cantidad de demanda está sujeta a la existencia de la oferta y de las

condiciones de esta oferta principalmente el precio, la cantidad y la accesibilidad. La población objetivo es el total de personas que habitan en las localidades que conforman el eje hidrográfico del Maraón en el departamento de Amazonas y las demás localidades adyacentes.

2.4.1 Consumo del Servicio de Telefonía Fija

Se observa una clara falta de inversión en esta región, el indicador que valida esta carencia está representado en la *Figura N° 2.9* como la densidad del departamento de Amazonas. Así mismo en la tabla se puede comparar las ciudades que tienen una mayor densidad en todo el Perú.



Figura N° 2.9 Densidad de líneas instaladas por Departamento.

(*) Información a fin de período.

(**) La información del segundo semestre del 2010 y del año 2011 se encuentra en proceso de validación estadística y en supervisión del OSIPTEL.

(***) Información preliminar.

1/. Para los años 2005 en adelante, se ha calculado el indicador de densidad por departamento con las proyecciones de población a partir del censo de 2005.

2/. A partir del 2007 se incorpora las líneas instaladas de la red RDSI de la empresa Telefónica del Perú S.A.A.

Fuente: Nuevas Proyecciones Nacionales de Población del Perú por Departamentos, Urbano y Rural y Sexo 2005 a 2020 (INEI, Diciembre 2006); empresas operadoras.

Tabla N° 2.3 Nivel de densidad en telefonía fija por distritos.

DISTRITOS	HABITANTES	DEMANDA ACTUAL TELEFONIA FIJA (DENSIDAD: 1.34/100)	OFERTA ACTUAL T. FIJA	DEMANDA PROYECTADA T. FIJA
COPALLIN	6,446	86	0	86
EL PARCO	1,455	19	0	19
ARAMANGO	11,405	153	0	153
IMAZA	23,931	321	0	321
STA. MARIA DE NIEVA	27,501	369	0	369
			TOTAL	948

Fuente: OSIPTEL-2012

Elaboración propia

2.4.2 Consumo del servicio de telefonía pública

Existe actualmente telefonía pública ofrecida por los operadores de telefonía rural por tecnología satelital. Se complementa la demanda faltante con respecto a la densidad actual del departamento.

Tabla N° 2.4 Nivel de densidad en telefonía pública por distritos.

DISTRITOS	HABITANTES	DEMANDA ACTUAL TUPs (DENSIDAD: 2.71/1000)	OFERTA ACTUAL TUPs	DEMANDA PROYECTADA TUPs
COPALLIN	6,446	17	16	1
EL PARCO	1,455	4	2	2
ARAMANGO	11,405	31	15	16
IMAZA	23,931	65	8	57
STA. MARIA DE NIEVA	27,501	76	33	43
			TOTAL	119

Fuente : OSIPTEL-2012

Elaboración propia

2.4.3 Consumo de banda ancha

En la *Figura N° 2.10* se muestra el nivel de penetración de banda ancha por departamento a nivel nacional, en la cual se aprecia al departamento de Amazonas aún con uno de los más bajos niveles de densidad a nivel nacional. En la *Figura N° 2.11* muestra la evolución de las conexiones de banda ancha tanto por telefonía fija como telefonía móvil a nivel nacional.

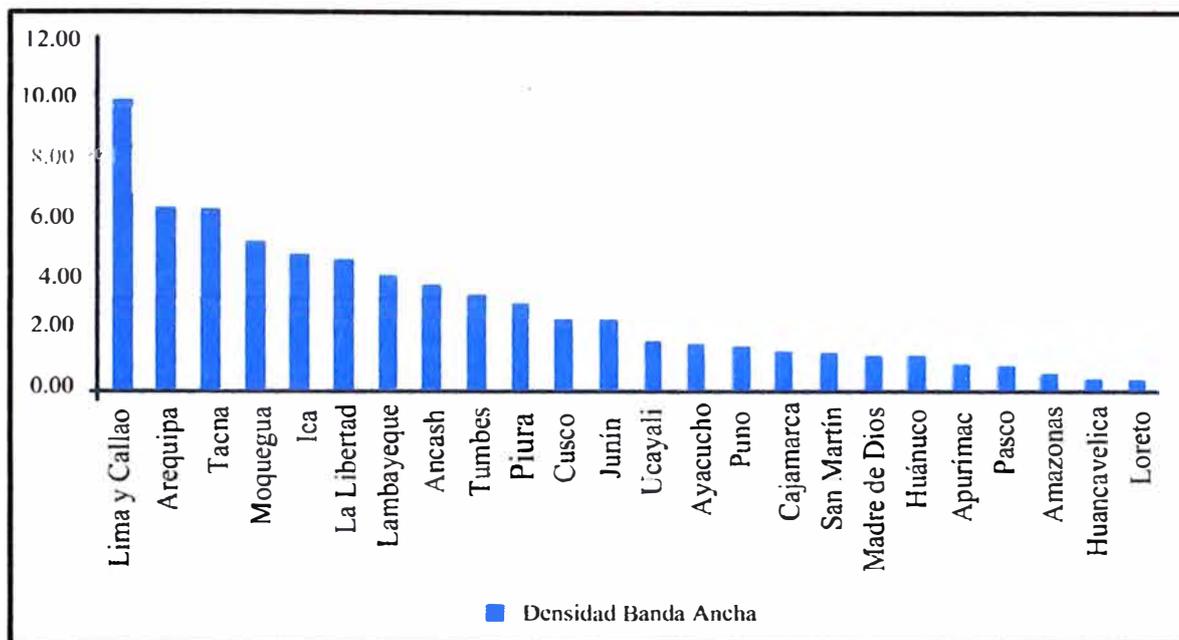


Figura N° 2.10 Nivel de penetración por departamento

Fuente: Empresas operadoras

Elaboración: DGRAIC-MTC.

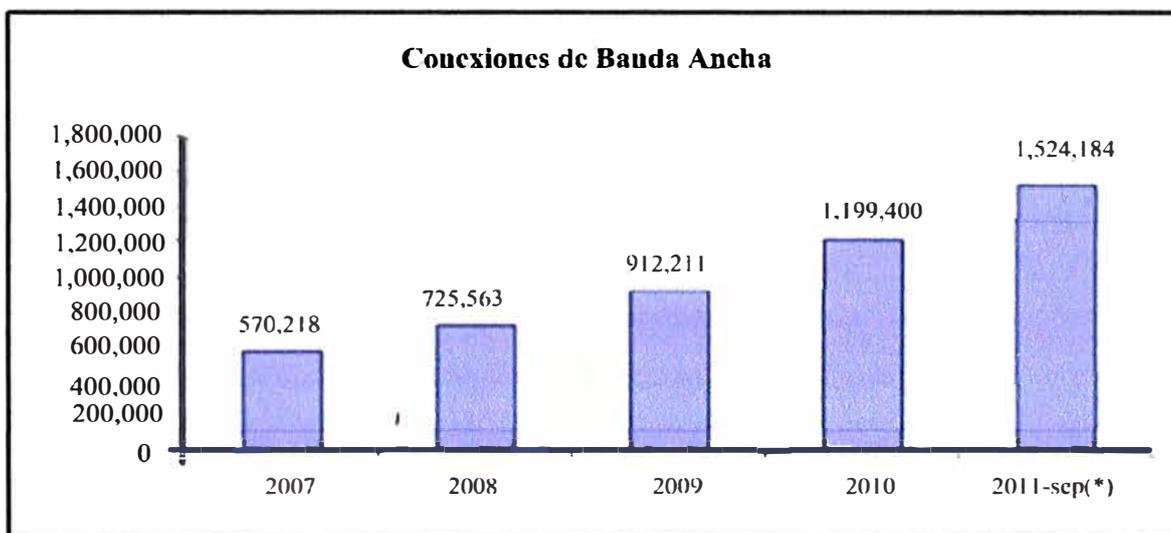


Figura N° 2.11 Evolución de las conexiones de Banda Ancha a nivel nacional

Fuente: Barómetro CISCO de Banda Ancha en Perú 2005-2011 IDC

Elaboración: DGRAIC-MTC.

Uno de los departamentos en el cual se observa la carencia de una red de transmisión de alta capacidades la región Amazonas; debido al crecimiento de las comunicaciones en el país, los servicios de banda ancha que resultan imprescindibles para el acceso a internet y para la integración de las regiones en iniciativas de la Sociedad de la Información deben ser satisfechos.

2.5 Análisis del tráfico proyectado

Según datos obtenidos del OSIPTEL, la intensidad de tráfico promedio saliente, por TUP, es 0.011939 Erlang y el tráfico promedio entrante es: 0.010959 por TUP, y aplicando la siguiente equivalencia se obtiene la intensidad de tráfico promedio total:

$$\text{Tráfico Total (Erlangs)} = (T. \text{Entrante} + T. \text{Saliente}) \times (\text{N}^\circ \text{ de TUPs})$$

2.5.1 Tráfico proyectado para telefonía fija

La siguiente tabla muestra la demanda proyectada de telefonía fija por cada distrito.

Tabla N° 2.5 Intensidad del tráfico promedio de telefonía fija por distrito.

DISTRITOS	DEMANDA PROYECTADA T. FIJA	INTENSIDAD DE TRAFICO DIARIO PROMEDIO POR ABONADO	ERLANG
COPALLIN	86	0.01	0.44
EL PARCO	19	0.01	0.10
ARAMANGO	153	0.01	0.78
IMAZA	321	0.01	1.64
STA. MARIA DE NIEVA	369	0.01	1.88
		TOTAL ERLANG	4.83

Fuente: OSIPTEL-2012

Elaboración propia

2.5.2 Tráfico proyectado para telefonía pública

La siguiente tabla muestra la demanda proyectada de telefonía pública por cada distrito.

Tabla N° 2.6 Demanda proyectada de TUPs.

DISTRITOS	DEMANDA PROYECTADA TUPs	INTENSIDAD DE TRAFICO PROMEDIO POR TUP	ERLANG
COPALLIN	1	0.023	0.023
EL PARCO	2	0.023	0.046
ARAMANGO	16	0.023	0.368
IMAZA	57	0.023	1.311
STA. MARIA DE NIEVA	43	0.023	0.989
		TOTAL ERLANG	2.737

Fuente: OSIPTEL-2012

Elaboración propia

Según el análisis realizado con los cuadros mostrados previamente, se establece como resultado de ambos cálculos una intensidad de tráfico promedio aproximado total de 7.57 Erlangs. Analizando la tabla de Erlang B (Modelo de tráfico Erlang B), se deduce para dicho tráfico se requiere aproximadamente 15 troncales, con un factor de bloqueo de 1%, las cuales deben ser cubiertas por un E1.

2.5.3 Tráfico proyectado para internet

Las tablas siguientes muestran el dimensionamiento de capacidades para servicios de internet.

a. Distrito de Copallín

Tabla N° 2.7 Dimensionamiento de la capacidad para Copallín.

INSTITUCIONES / DISTRITO	COPALLIN			
	Conexiones de acceso	N° Total de equipos	Velocidad por equipo (Kbps)	Velocidad total (Mbps)
Colegios (IE)	2	10	400	4
Municipalidades	1	4	600	2.4
Comisarias	1	1	400	0.4
Centro de Salud	1	3	1200	3.6
			TOTAL Mbps	10.4

Fuente: Elaboración propia.

b. Distrito de El Parco

Tabla N° 2.8 Dimensionamiento de la capacidad para El Parco.

INSTITUCIONES / DISTRITO	EL PARCO			
	Conexiones de acceso	N° Total de equipos	Velocidad por equipo (Kbps)	Velocidad total (Mbps)
Colegios (IE)	2	8	400	3.2
Municipalidades	1	4	600	2.4
Comisarias	0	0	400	0
Centro de Salud	1	3	1200	3.6
			TOTAL Mbps	9.2

Fuente: Elaboración propia.

c. Distrito de Aramango

Tabla N° 2.9 Dimensionamiento de la capacidad para Aramango.

INSTITUCIONES / DISTRITO	ARAMANGO			
	Conexiones	N° Total de equipos	Velocidad por equipo (Kbps)	Velocidad total (Mbps)
Colegios (IE)	2	15	400	6
Municipalidades	1	4	600	2.4
Comisarias	1	1	400	0.4
Centro de Salud	1	3	1200	3.6
			TOTAL Mbps	12.4

Fuente: Elaboración propia.

d. Distrito de Chiriaco

Tabla N° 2.10 Dimensionamiento de la capacidad para Chiriaco.

INSTITUCIONES / DISTRITO	CHIRIACO			
	Conexiones de acceso	N° Total de equipos	Velocidad por equipo (Kbps)	Velocidad total (Mbps)
Colegios (IE)	2	15	400	6
Municipalidades	1	4	600	2.4
Comisarias	1	1	400	0.4
Centro de Salud	1	3	1200	3.6
			TOTAL Mbps	12.4

Fuente: Elaboración propia.

e. Distrito de Santa María de Nieva

Tabla N° 2.11 Dimensionamiento de la capacidad para Santa María de Nieva.

INSTITUCIONES / DISTRITO	SANTA MARIA DE NIEVA			
	Conexiones de acceso	N° Total de equipos	Velocidad por equipo (Kbps)	Velocidad total (Mbps)
Colegios (IE)	2	15	400	6
Municipalidades	1	4	600	2.4
Comisarias	1	1	400	0.4
Centro de Salud	1	3	1200	3.6
			TOTAL Mbps	12.4

Fuente: Elaboración propia.

Analizando la capacidad de tráfico necesaria para las brindar acceso a internet a las escuelas (Instituciones educativas), municipalidades, comisarias, centros de salud y negocios de emprendedores se estima en 56.8Mbps, la cual está dentro de la capacidad de aproximadamente 29EIs.

Por lo tanto, la capacidad de transmisión de voz y datos (Telefonía e internet) están cubierta por la suma total que da como capacidad final de transporte inicial de 30 EIs, distribuidos como se aprecia en la *Tabla N° 2.12*. Esta capacidad final se refleja en un STM-1 que brinda la posibilidad de transportar hasta 42EIs.

Tabla N° 2.12 Total de capacidad para las localidades.

TIPO DE TRAFICO	TOTAL EIs	TRAFICO TOTAL (Mbps)
Tráfico de voz	1	2
Tráfico de Datos	29	56.8
TOTAL	30	58.8

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

DISEÑO Y ANÁLISIS DE LA RED DE TRANSPORTE SDH Y LAS REDES DE ACCESO

3.1 Descripción del diagrama de la red general

La red troncal o dorsal está constituida por estaciones de microondas, las cuales son llamadas del mismo modo, que a su vez establecen enlaces de microondas SDH a gran escala. Estas estaciones están ubicadas en sitios geográficamente favorables para la línea de vista de cada trayecto, así mismo deben estar ubicadas en zonas altas como los cerros cercanos a las localidades de interés, las cuales se muestran en la figura del diseño de la red (*Figura N° 3.1*). En general estas estaciones troncales deben estar equipadas con radios digitales de microondas de alta capacidad, antenas de alta performance, paneles solares de buen desempeño, un banco de baterías con autonomía suficiente, torres autoportadas, sistema de protección y puesta a tierra, etc. Por otro lado, las redes de acceso deben transmitir en banda no licenciada (Banda 5.8GHz) desde las estaciones troncales hasta las localidades de interés, donde se deben instalar torres ventadas, equipos de tecnología inalámbrica IEEE 802.11g, etc., conformando una estación base, desde donde deben proveer acceso a internet a través de antenas sectoriales generando así un área de cobertura en las localidades donde se ubican los colegios, municipalidades, centros de salud, comisarías y posibles negocios de emprendedores.

3.2 Diseño de la red de transporte SDH

3.2.1 Ubicaciones de las estaciones

En base a la visita de campo realizada a la zona, se determina las ubicaciones geográficas y técnicamente favorables para la implementación de 07 estaciones, las cuales deben estar ubicadas en las cumbres cercanas a las localidades que forman parte del proyecto, deben tener facilidad en el acceso a la cumbre, vale decir, cercanas a carreteras, ríos, etc. Además deben tener línea de vista tanto entre ellas como a las localidades. La *Tabla N° 3.1* muestra las coordenadas donde se deben ubicar las estaciones de la red troncal, la cual debe ser integrada a la Red Terrestre Nacional a través de la Estación Terminal Co. Vista Hermosa, que se encuentra ubicada en Bagua capital.

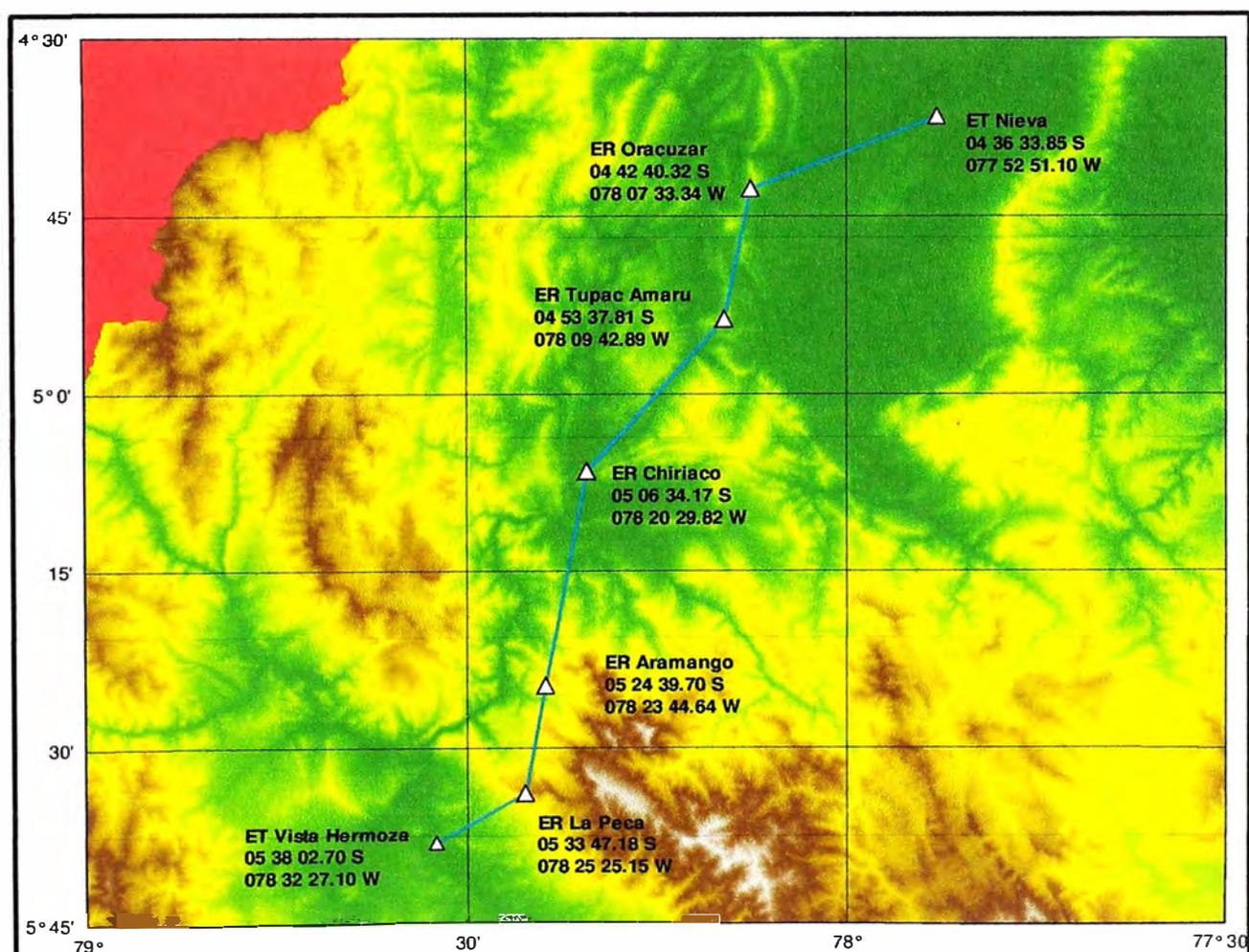
Tabla N° 3.1 Coordenadas de las estaciones de la red troncal.

N°	ESTACION TERMINAL / NODAL / REPETIDORA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		LONGITUD OESTE (LO)	LATITUD SUR (LS)
1	Co VISTA HERMOZA	78° 32' 23.15"	5° 37' 58.50"
2	Co LA PECA	78° 25' 25.15"	5° 33' 47.18"
3	Co ARAMANGO	78° 23' 44.64"	5° 24' 39.70"
4	Co CHIRIACO	78° 20' 29.82"	5° 06' 34.17"
5	Co TUPAC AMARU	78° 09' 42.90"	4° 53' 37.81"
6	Co ORACUZAR	78° 07' 33.34"	4° 42' 40.32"
7	Co NIEVA	77° 52' 51.10"	4° 36' 33.85"

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Topología de la red

Las coordenadas son ubicadas en un mapa geográfico del departamento de Amazonas. La *Figura N° 3.1* muestra la topología de la red troncal o dorsal de microondas por SDH. Se utilizó la base de datos incorporada por el software Pathloss 4.0.

**Figura N° 3.1** Topología de la red Troncal SDH.

3.2.3 Plan de frecuencias y polarizaciones

Una vez determinadas las estaciones se procede a realizar la asignación de una banda de frecuencia en base a las frecuencias determinadas por la ITU-R Rec. F.384-10, clasificadas y asignadas por el MTC, se establece frecuencias de operación en la banda superior de 6GHz, debido a que para estas frecuencias se pueden obtener mayores distancias con menos atenuación por lluvias, etc. y capacidades de modulación más robustas, la cual genera una buena eficiencia espectral.

El MTC clasifica la banda superior de 6GHz (U6G), que está comprendida entre 6430-7110MHz, como: "Servicio Fijo utilizado en radio enlaces digitales".

Cabe resaltar que en estas zonas no se utiliza esa banda de frecuencias que es asignada para transporte troncal o dorsal de operadores. Se realiza un diseño de las frecuencias para cada trayecto y las polarizaciones adecuadas, evitando el overshoot y las interferencias co-canal. La *Figura N° 3.2* muestra la distribución de las estaciones con sus frecuencias asignadas a cada trayecto así como las distancias de cada tramo con sus respectivas polarizaciones de las antenas.

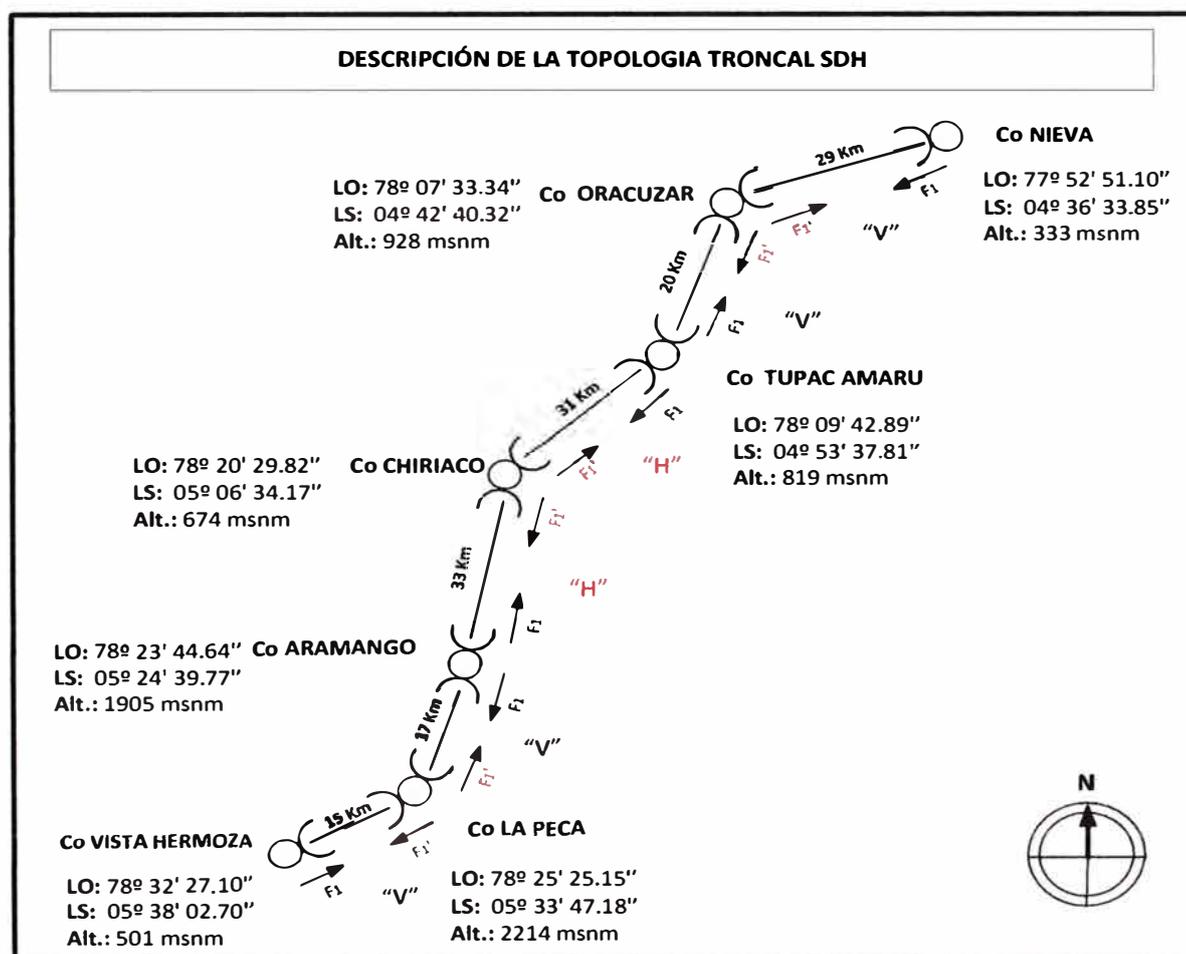


Figura N° 3.2 Descripción de la topología troncal SDH.

La *Figura N° 3.3* muestra la distribución de las frecuencias para las diferentes estaciones de la red de transporte SDH.

- Espaciamiento TX/RX: 340MHz.
- Espaciamiento entre canal adyacente: 40MHz.
- Frecuencia central: 6770MHz.

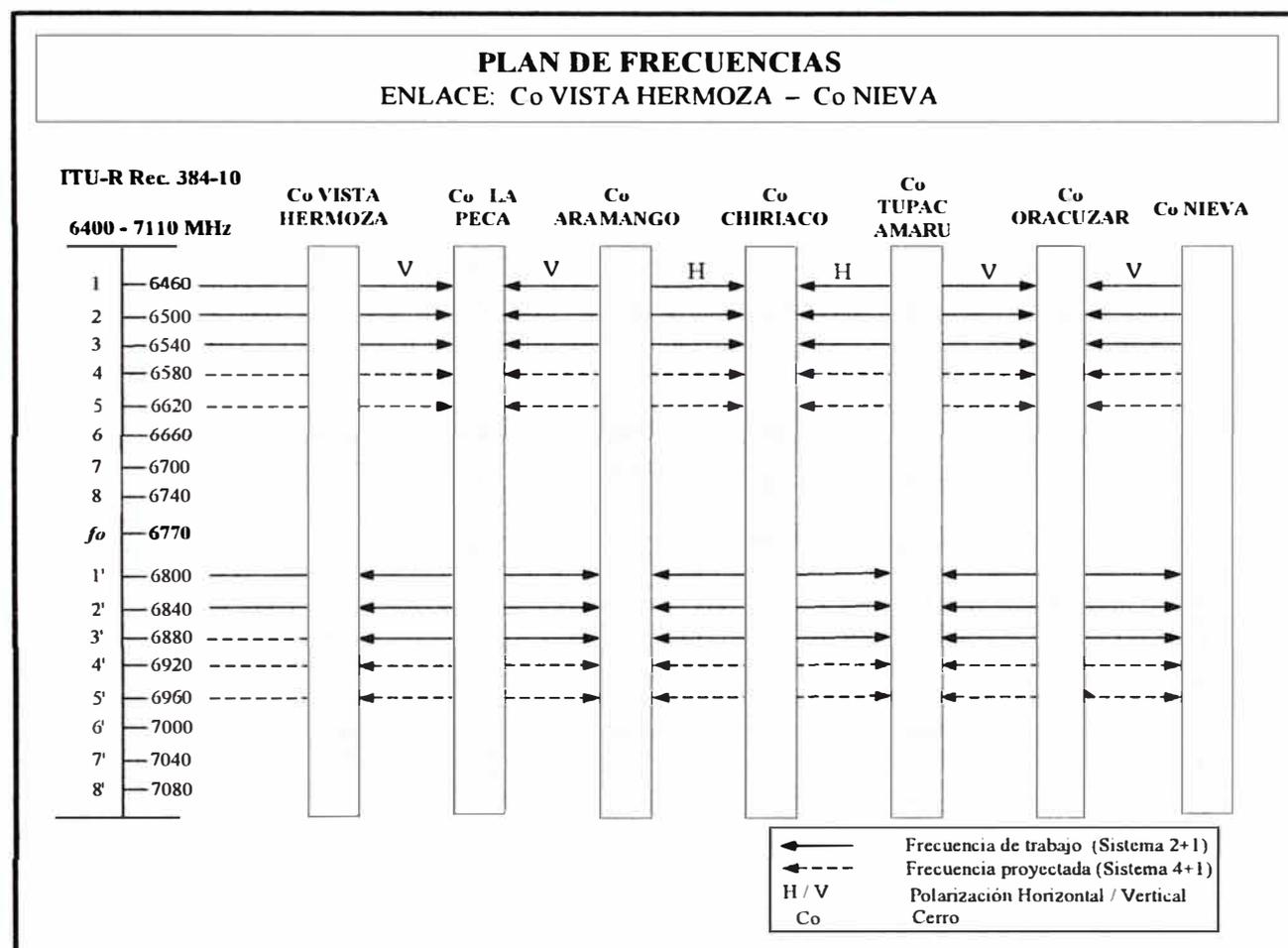


Figura N° 3.3 Plan de frecuencias y polarizaciones.

3.2.4 Diseño de las Estaciones Terminales

Las estaciones terminales forman parte de los extremos del enlace total, desde Bagua hasta Santa María de Nieva, las cuales son: Co. Vista Hermoza y Co. Nieva. Además la estación Co. Vista Hermoza sirve como interconexión con la red terrestre de comunicaciones.

a. Subsistema de Radio Microondas-Transporte SDH

- Un radio digital de microondas SDH de tipo Long-Haul, con una capacidad inicial de 02 STM-1, con diversidad de frecuencia (sistema 2+1) y adecuada para una ampliación futura de hasta 04 STM-1 (sistema 4+1), equipada con un MUX ADM.
- Antenas de doble polarización, de alta performance con radomo,
- Deshidratador para guía de onda.

- Guía de onda elíptica.
- Torre autoportada cuadrada de 90 metros, con sus respectivas luces de balizaje.

b. Subsistema de Radio de Acceso

Sólo para el caso de la Estación Terminal Co. Nieva se tendrá una red de acceso hacia la localidad de Santa María de Nieva:

- Radio TDM/Ethernet de hasta 130Mbps en Banda no licenciada (5.8GHz).

c. Subsistema de Energía

- Energía comercial 220VAC.
- Un Rectificador/Cargador 220VAC a 48VDC.
- Un Generador eléctrico de respaldo.

El dimensionamiento de energía necesaria y diagramas para cada tipo de estación se presenta en el *Anexo E*.

d. Subsistema de Protección eléctrica y puesta a tierra

- Pararrayos con dispositivo de cebado (PDC), en la parte superior de las torres.
- Pozos a tierra verticales que garantizan una resistencia menor a 5Ω .

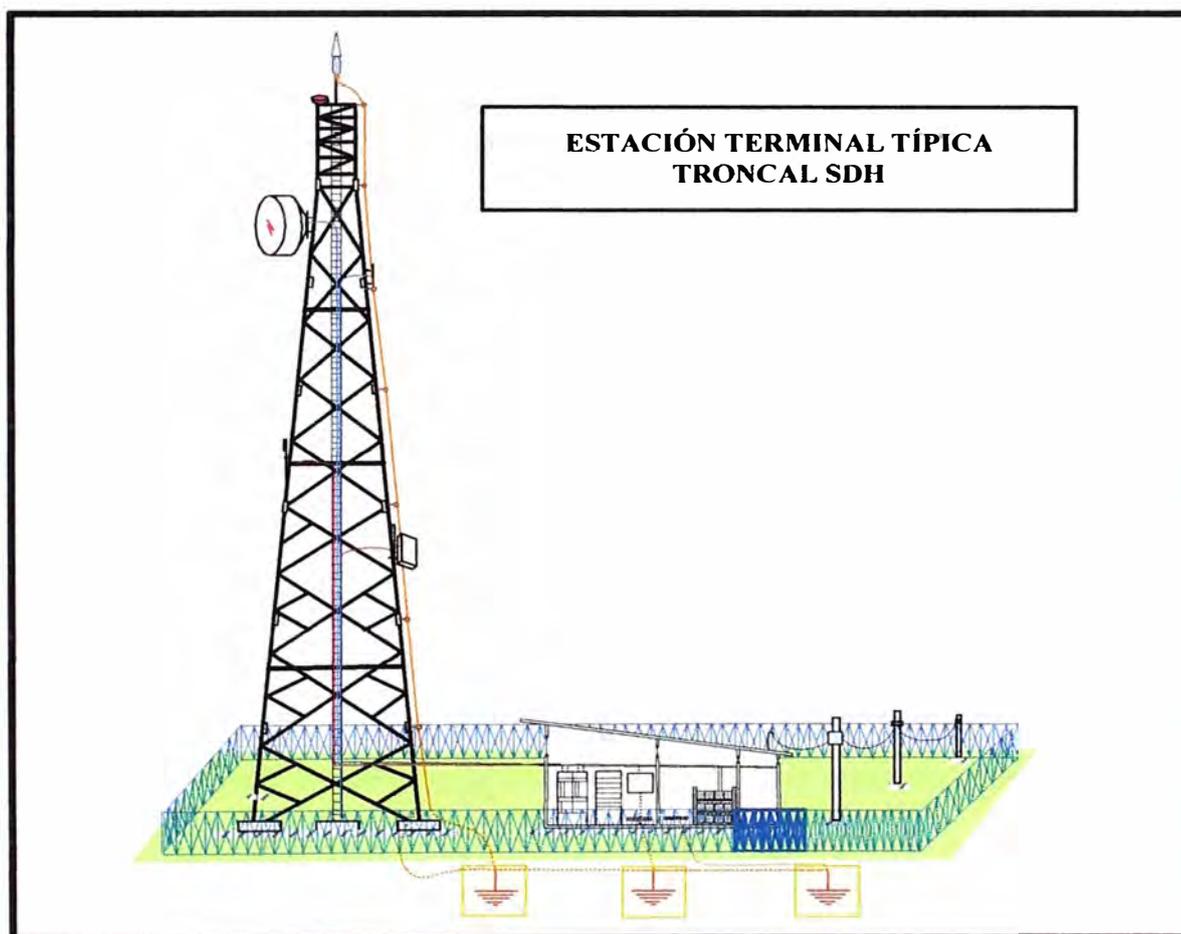


Figura N° 3.4 Estación terminal típica de la red troncal SDH.

3.2.5 Diseño de las Estaciones Nodales

Las Estaciones Nodales son estaciones en los cuales se produce la derivación y/o agregación de señales hacia y desde las localidades, es decir son nodos que brindan acceso a las localidades de interés. Estas estaciones son: Co La Peca, Co. Aramango y Co. Chiriaco.

a. Subsistema de Radio Microondas-Transporte SDH

Un Radio Digital de Microondas SDH de tipo Long-Haul, con una capacidad inicial de 02 STM-1 de dos direcciones, y un STM-1 a modo de diversidad de frecuencia (Sistema 2+1) y adecuada para una ampliación futura de hasta 04 STM-1 (Sistema 4+1), equipada con un MUX ADM.

- Antenas duales, es decir que se pueden utilizar polarizaciones distintas para una misma dirección, además de ser de alta performance con radomo.
- Deshidratador para mantener la presión y controlar la humedad en las guía de onda.
- Guías de onda elípticas.
- Torre autosoportada cuadrada de 90 metros, con sus respectivas luces de balizaje.

b. Sub Sistema de Radio de Acceso

Desde la estación Troncal hasta las localidades de interés.

- Radio TDM/Ethernet de hasta 130Mbps en Banda no licenciada (5.8GHz).

c. Subsistema de Energía

➤ Basada en energía fotovoltaica. Un arreglo de paneles mono cristalinos de 270Wp (vatios pico) conectados en serie y paralelo de manera que se obtiene el voltaje nominal de operación para los equipos (48VDC) y una corriente que proporciona la energía (Whr/día) para que los equipos (carga) puedan operar correctamente, además de diseñar un banco de baterías de alto rendimiento con capacidad suficiente, medidos en Amperios hora (AH), como para una autonomía de 5 días aproximadamente.

El cálculo del dimensionamiento de energía solar necesaria y sus respectivos diagramas para cada tipo de estación se presenta en el *Anexo E*.

d. Subsistema de Protección eléctrica y puesta a tierra

- Pararrayos con dispositivo de cebado (PDC), serán instalados en la parte superior de las torres.
- Pozos de tierra verticales y/o horizontales que garanticen una resistencia menor igual a 5Ω , debidamente preparado con los componentes conductivos típicos para una buena conductividad.

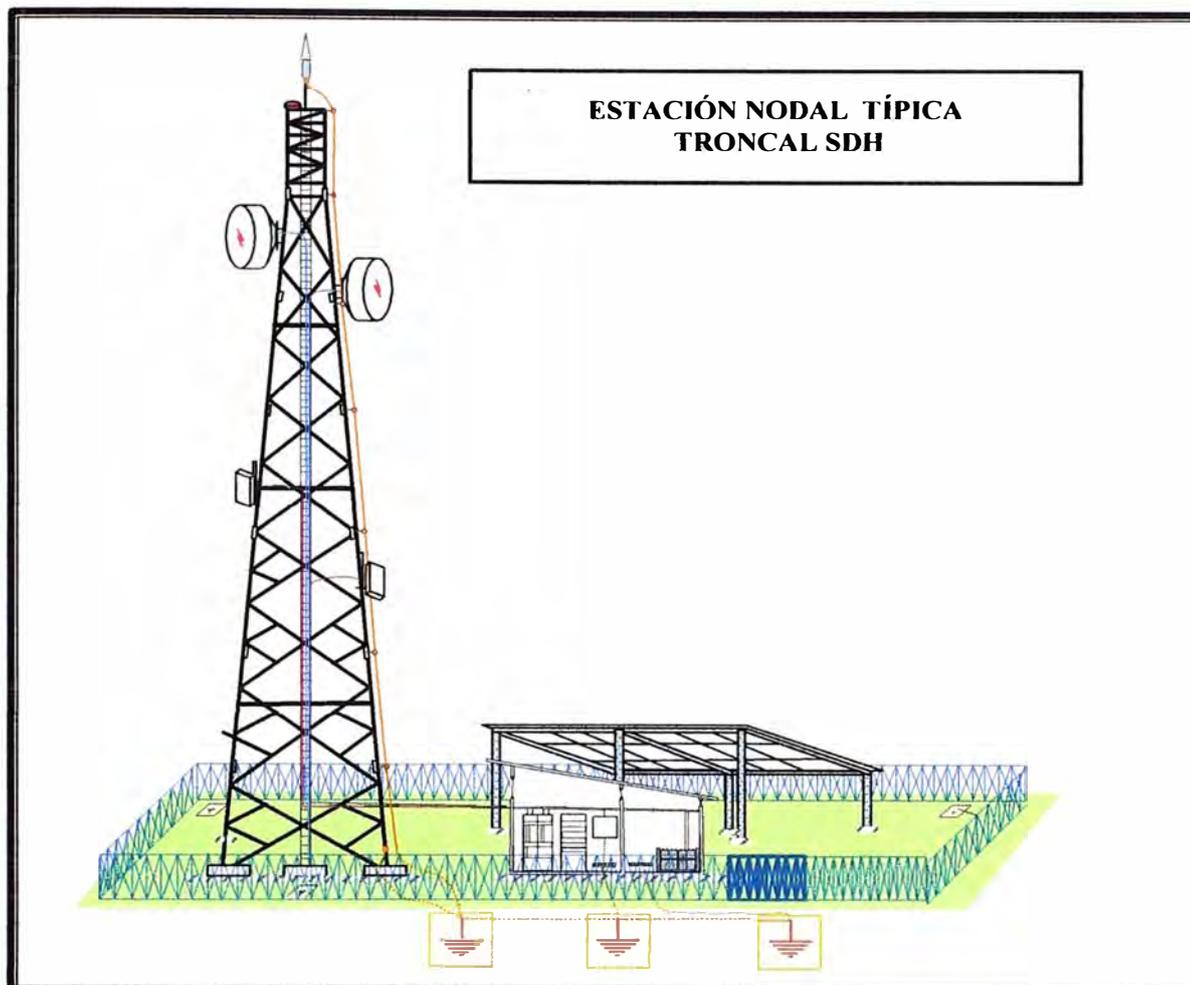


Figura N° 3.5 Estación nodal típica de la Red troncal SDH.

3.2.6 Diseño de las Estaciones Repetidoras

Las Estaciones Repetidoras son estaciones que regeneran y amplifican la señal debido a los largos tramos entre las estaciones nodales y terminales, éstas a su vez no derivan la señal, pero están proyectadas para que sean consideradas como estaciones nodales a futuro. Las estaciones repetidoras para este proyecto son: Co. Túpac Amaru y Co. Oracuzar.

a. Subsistema de Radio Microondas-Transporte SDH

- Un Radio Digital de Microondas SDH de tipo Long-Haul, con una capacidad inicial de 02 STM-1 de dos direcciones, con diversidad de frecuencia (sistema 2+1) y adecuada para una ampliación futura de hasta 04 STM-1 (sistema 4+1).
- Antenas duales, es decir que se pueden utilizar polarizaciones distintas para una misma dirección, además de ser de alta performance con radomo.
- Deshidratador para guía de onda.
- Guía de onda elíptica.
- Torre autosoportada cuadrada de 90 metros, con sus respectivas luces de balizaje.

b. Subsistema de Energía

➤ Basada en energía fotovoltaica. Un arreglo de paneles mono cristalinos de 270Wp (vatios pico) conectados en serie y paralelo de manera que se obtiene el voltaje nominal de operación para los equipos (48VDC) y una corriente que proporciona la energía (Whr/día) para que los equipos (carga) puedan operar correctamente, además de diseñar un banco de baterías de alto rendimiento con capacidad suficiente, medidos en amperios hora (AH), como para una autonomía de 5 días aproximadamente.

El cálculo del dimensionamiento de energía solar necesaria y sus respectivos diagramas para cada tipo de estación se presenta en el *Anexo E*.

c. Sistema de Protección eléctrica y puesta a tierra

➤ Pararrayos con dispositivo de cebado (PDC), serán instalados en la parte superior de las torres.

➤ Pozos de tierra verticales y/o horizontales que garanticen una resistencia menor igual a 5Ω , debidamente preparado con los componentes conductivos típicos para una buena conductividad frente a posibles descargas.

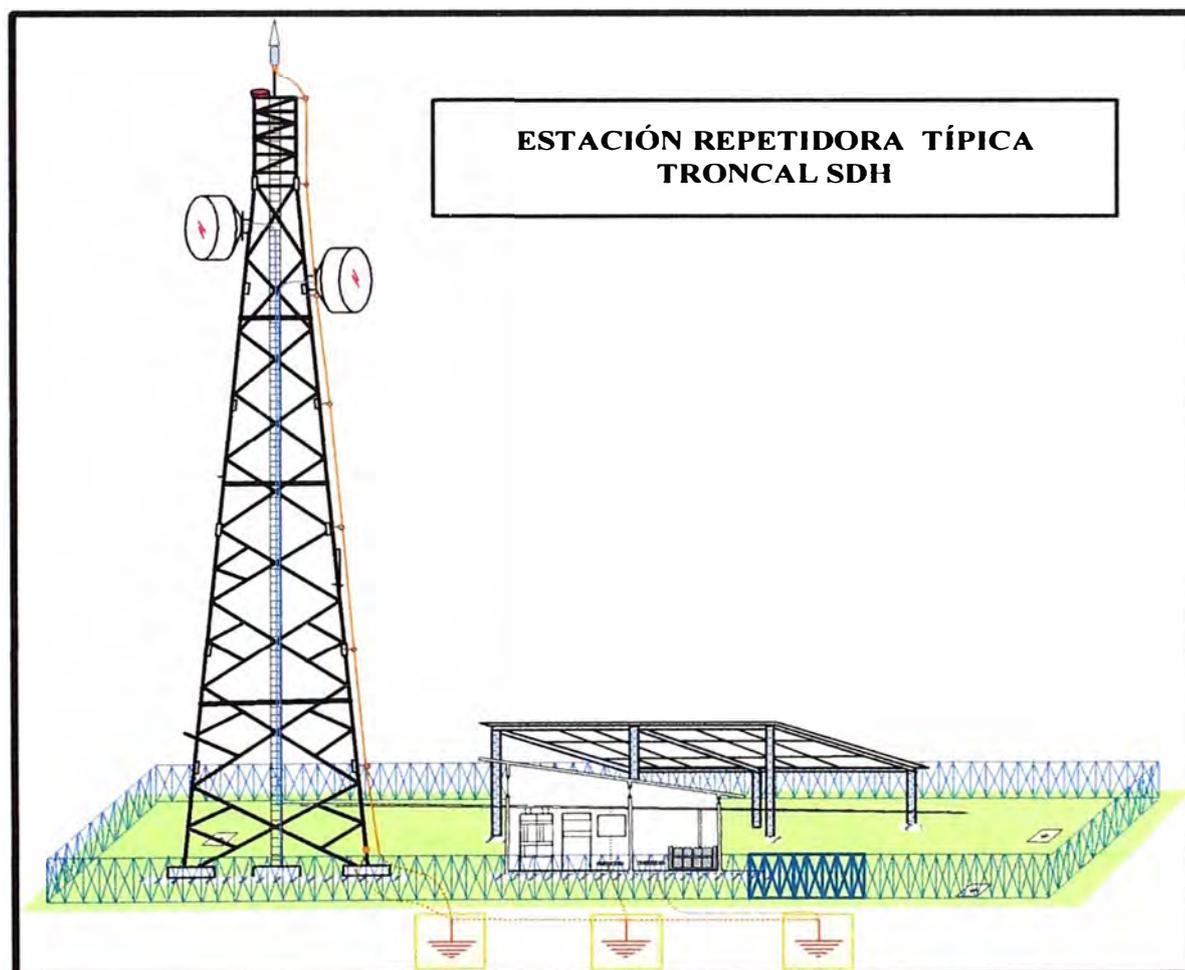


Figura N° 3.6 Estación repetidora típica de la Red Troncal SDH.

En base a los requerimientos para el diseño de la red troncal SDH, se obtiene un diagrama de la infraestructura de transporte en la *Figura N° 3.7*.

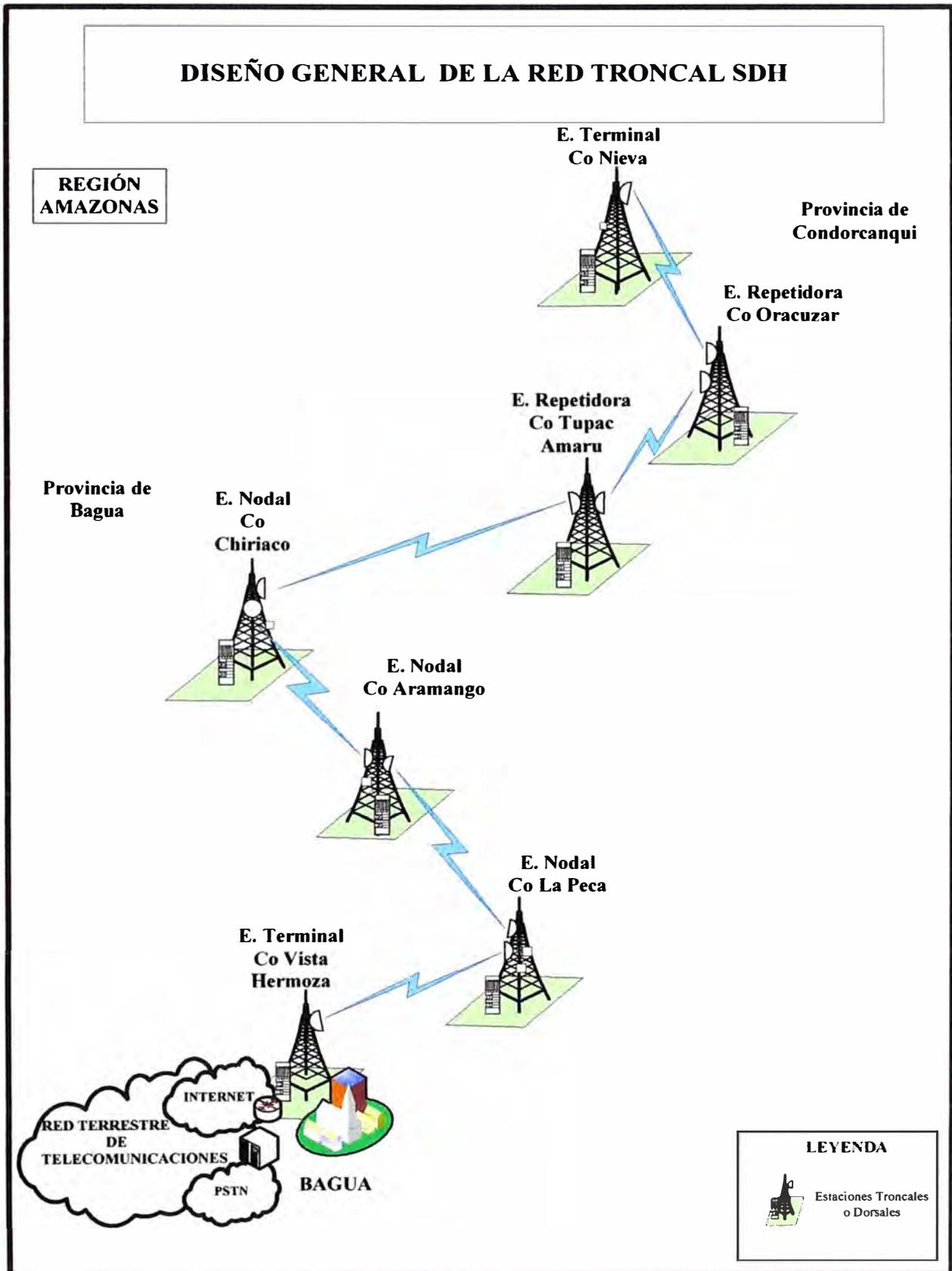


Figura N° 3.7 Diseño general de la Red Troncal SDH.

3.2.7 Perfiles de los trayectos de la Red Troncal SDH

a. Trayecto: Co. Vista Hermosa – Co. La Peca

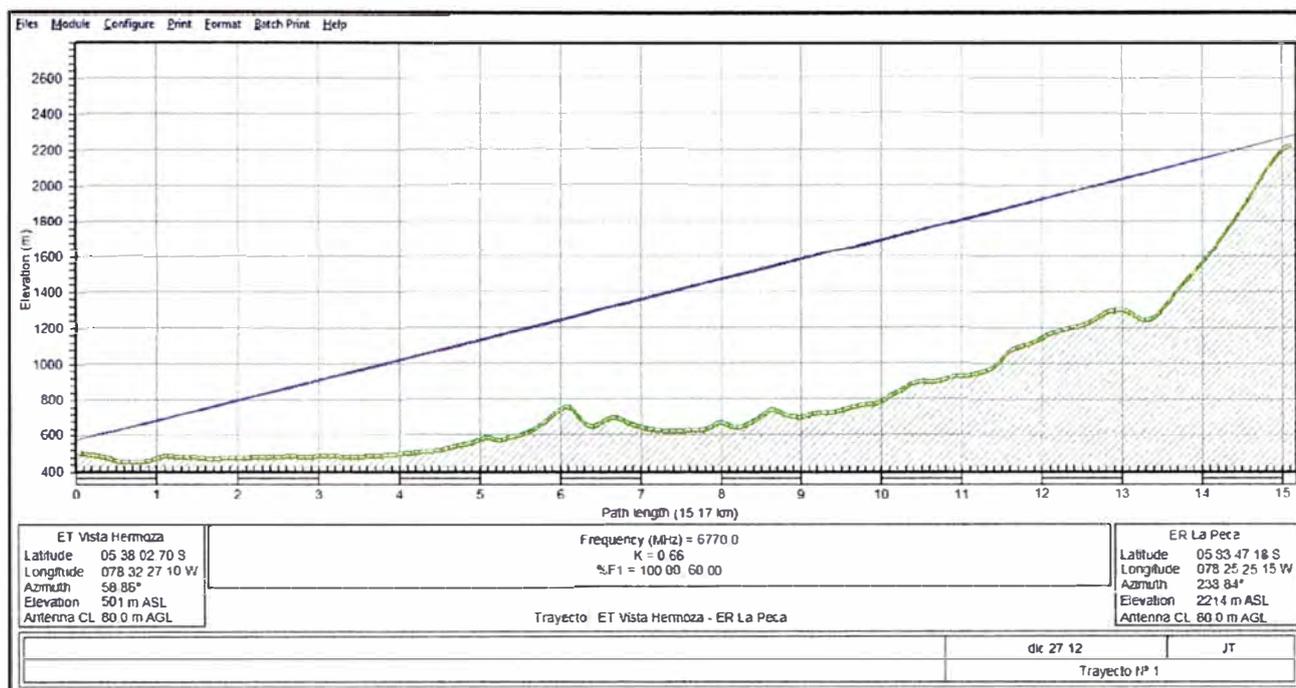


Figura N° 3.8 Trayecto: Co. Vista Hermosa – Co. La Peca.

Site Name		ET Vista Hermosa	ER La Peca	Operator code		TORMISCO	
Call Sign		1	2	Radio model	5000S U6G 155M	5000S U6G 155M	
Station Code				Code	5KU6G_155	5KU6G_155	
State				Emission designator			
Owner Code				Traffic code	STM1-64QAM	STM1-64QAM	
Latitude		05 38 02 70 S	05 33 47 18 S	TX power (dBm)	33.00	33.00	
Longitude		078 32 27 10 W	078 25 25 15 W	Frequency (MHz)		6770.00	
True azimuth (°)		58.86	238.84	Polarization		Vertical	
Calculated Distance (km)			15.17	Free space loss (dB)		132.70	
Profile Distance (km)			15.17	ERP (dBm)	66.47	66.47	
Datum			WGS 1984	RX signal (dBm)	-32.89	-32.89	
Elevation (m)		501.20	2213.82	Radio configuration			
Tower Height (m)		84.00	84.00	TX Ch. -1	6460.0000-V	6800.0000-V	
TR Antenna Height (m)		80.00	80.00		6500.0000-V	6840.0000-V	
Code		0	0		6540.0000-V	6880.0000-V	
TX loss (dB)		8.53	8.53				
RX loss (dB)		8.53	8.53				

Pachloss

km Mccware TR-TR ✓

Figura N° 3.9 Descripción del trayecto Co. Vista Hermosa – Co. La Peca.

b. Trayecto: Co. La Peca – Co. Aramango

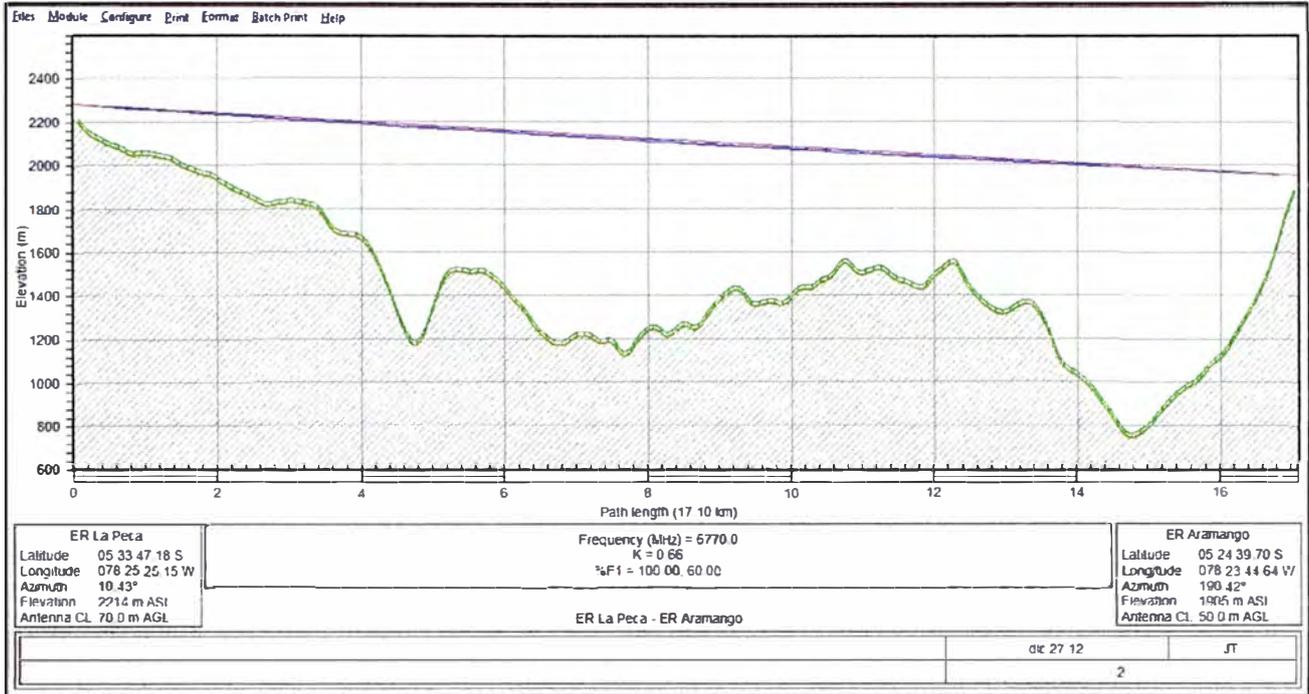


Figura N° 3.10 Trayecto: Co. La Peca – Co. Aramango.

ER La Peca		ER Aramango		TORVISCO	
Site Name	ER La Peca	ER Aramango			
Call Sign	2	3	Operator code	TORVISCO	
Station Code			Radio model	5000S U6G 155M	5000S U6G 155M
State			Code	5KU6G_155	5KU6G_155
Owner Code			Emission designator	STM1-64QAM	
Latitude	05 33 47.18 S	05 24 39.70 S	Traffic code	STM1-64QAM	STM1-64QAM
Longitude	078 25 25.15 W	078 23 44.64 W	TX power (dBm)	33.00	33.00
True azimuth (°)	10.43	190.42	Frequency (MHz)	6770.00	
Calculated Distance (km)		17.10	Polarization	Vertical	
Profile Distance (km)		17.10	Free space loss (dB)	133.74	
Datum	WGS 1984		EIRP (dBm)	66.92	67.83
Elevation (m)	2213.82	1904.96	RX signal (dBm)	-32.15	-32.15
Tower Height (m)	84.00	84.00	Radio configuration		
TR Antenna Height (m)	70.00	50.00	TX Ch. - 1	TX Ch. - 2	
Code	0	0	6800.0000-V	6460.0000-V	
TX loss (dB)	8.08	7.18	6840.0000-V	6500.0000-V	
RX loss (dB)	8.08	7.18	6880.0000-V	6540.0000-V	

Pathloss

km Microwave TR-TR ✓

Figura N° 3.11 Descripción del trayecto: Co. La Peca - Co. Aramango.

c. Trayecto: Co. Aramango – Co. Chiriaco

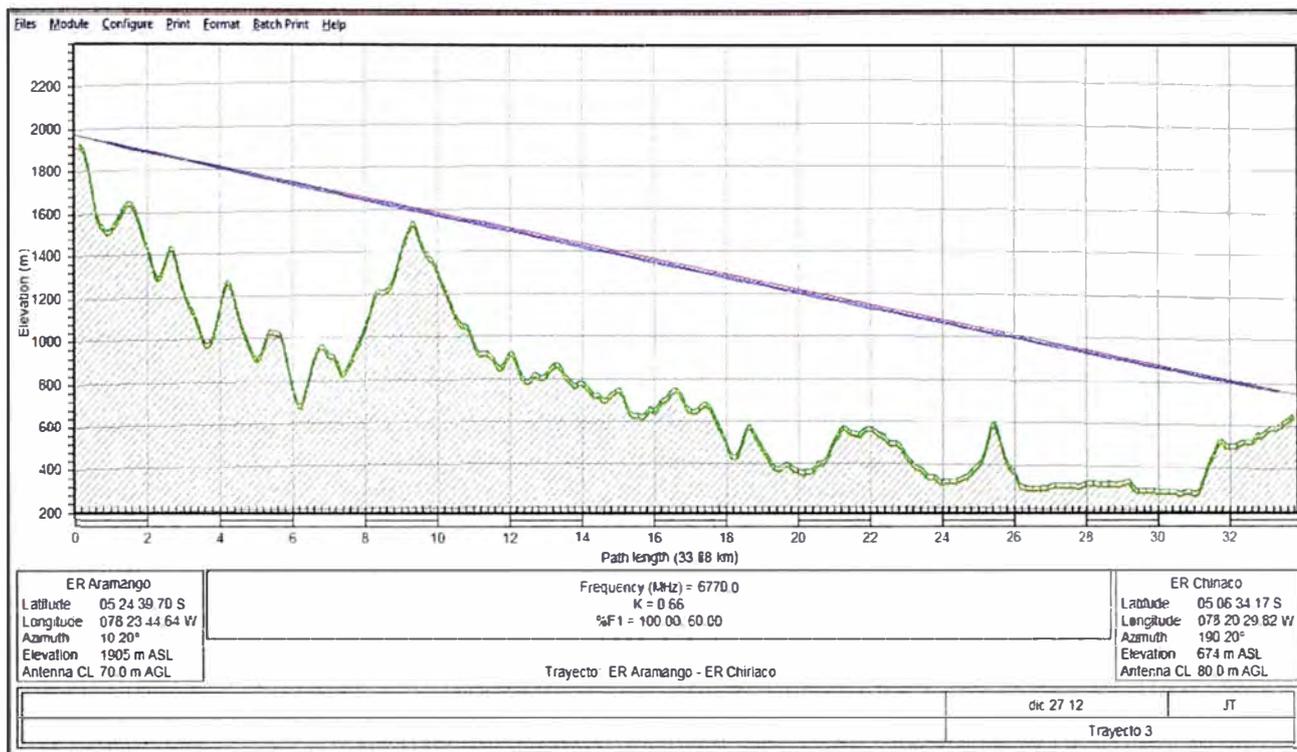


Figura N° 3.12 Trayecto: Co. Aramango – Co. Chiriaco

Site Name		ER Chiriaco	ER Tupac Amaru	Operator code		TORMISCO	
Call Sign	4		5	Radio model	5000S U6G 155M	5000S U6G 155M	
Station Code				Code	5KU6G_155	5KU6G_155	
State				Emission designator			
Owner Code				Traffic code	STM1-64QAM	STM1-64QAM	
Latitude	05 06 34 17 S		04 53 37 81 S	TX power (dBm)	33.00	33.00	
Longitude	078 20 29 82 W		078 09 42 89 W	Frequency (MHz)	6770.00	6770.00	
True azimuth (°)	39.89		219.88	Polarization	Horizontal	Horizontal	
Calculated Distance (km)		31.08		Free space loss (dB)	138.93	138.93	
Profile Distance (km)		31.08		EIRP (dBm)	70.32	70.32	
Datum		WGS 1984		RX signal (dBm)	-31.56	-31.56	
Elevation (m)	673.93		818.66	Radio configuration			
Tower Height (m)	84.00		84.00	TX Ch - 1	6800 0000-H	6460 0000-H	
TR Antenna Height (m)	70.00		70.00	TX Ch - 2	6840 0000-H	6500 0000-H	
Code	0		0		6880 0000-H	6540 0000-H	
TX loss (dB)	8.08		8.08				
RX loss (dB)	8.08		8.08				

Pachloss

km Message TR-TR ✓

Figura N° 3.13 Descripción del trayecto: Co. Aramango – Co. Chiriaco.

d. Trayecto: Co. Chiriaco – Co. Túpac Amaru

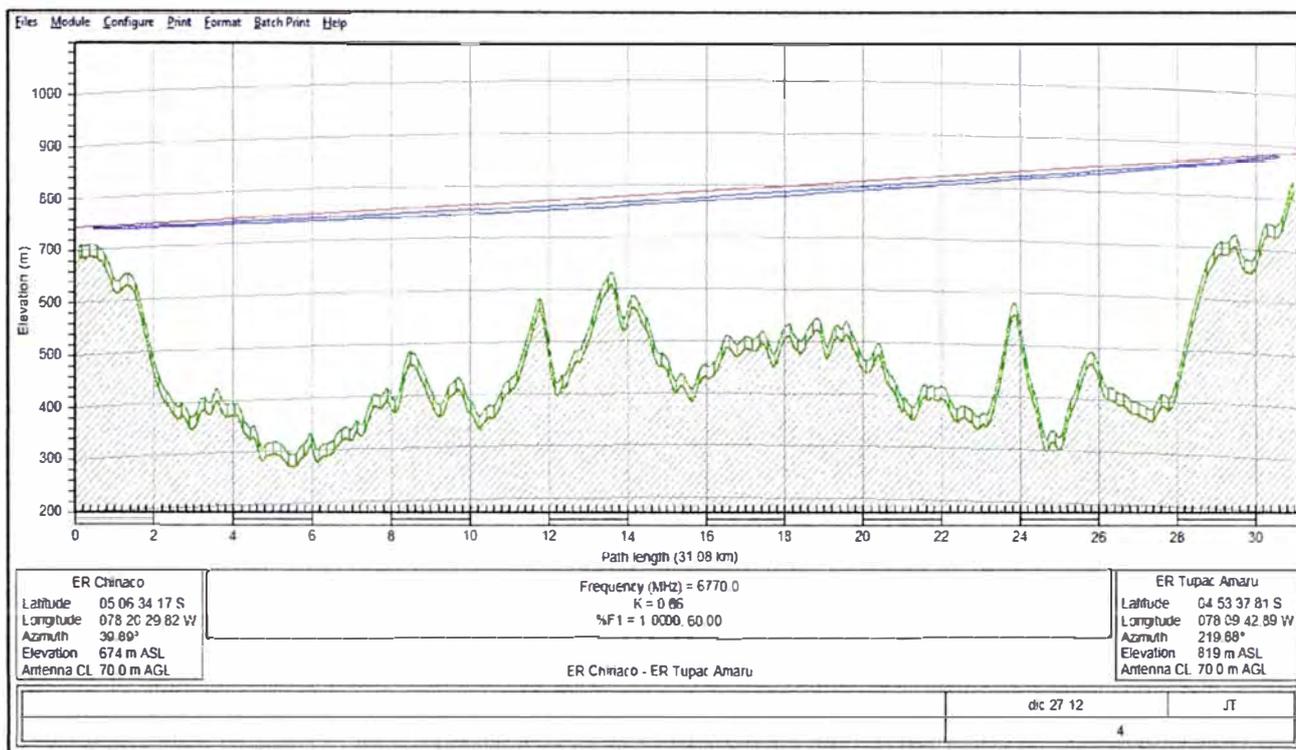


Figura N° 3.14 Trayecto: Co. Chiriaco – Co. Túpac Amaru.

Files Module Configure Equipment SDB Application Report Help										
Site Name	ER Chinaco		ER Tupac Amaru		Operator code					TORVISCO
Call Sign	4		5		Radio model		5000S U6G 155M	5000S U6G 155M		
Station Code					Code		5KU6G_155	5KU6G_155		
State					Emission designator					
Owner Code					Traffic code		STM1-64QAM	STM1-64QAM		
Latitude	05 06 34 17 S		04 53 37 81 S		TX power (dBm)		33.00	33.00		
Longitude	078 20 29 82 W		078 09 42 89 W		Frequency (MHz)		6770.00			
True azimuth (°)	39.89		219.88		Polarization		Horizontal			
Calculated Distance (km)			31.08		Free space loss (dB)		138.93			
Profile Distance (km)			31.08		EIRP (dBm)		70.32	70.32		
Datum			WGS 1984		RX signal (dBm)		-31.56	-31.56		
Elevation (m)	673.93		818.66		Radio configuration					
Tower Height (m)	84.00		84.00		TX Ch. - 1		TX Ch. - 2			
TR Antenna Height (m)	70.00		70.00		6800 0000-H		6460 0000-H			
Code	0		0		6840 0000-H		6500 0000-H			
TX loss (dB)	8.08		8.08		6880 0000-H		6540 0000-H			
RX loss (dB)	8.08		8.08							

Pachloss

Figura N° 3.15 Descripción del trayecto: Co. Chiriaco – Co. Túpac Amaru.

e. Trayecto: Co. Túpac Amaru – Co. Oracuzar

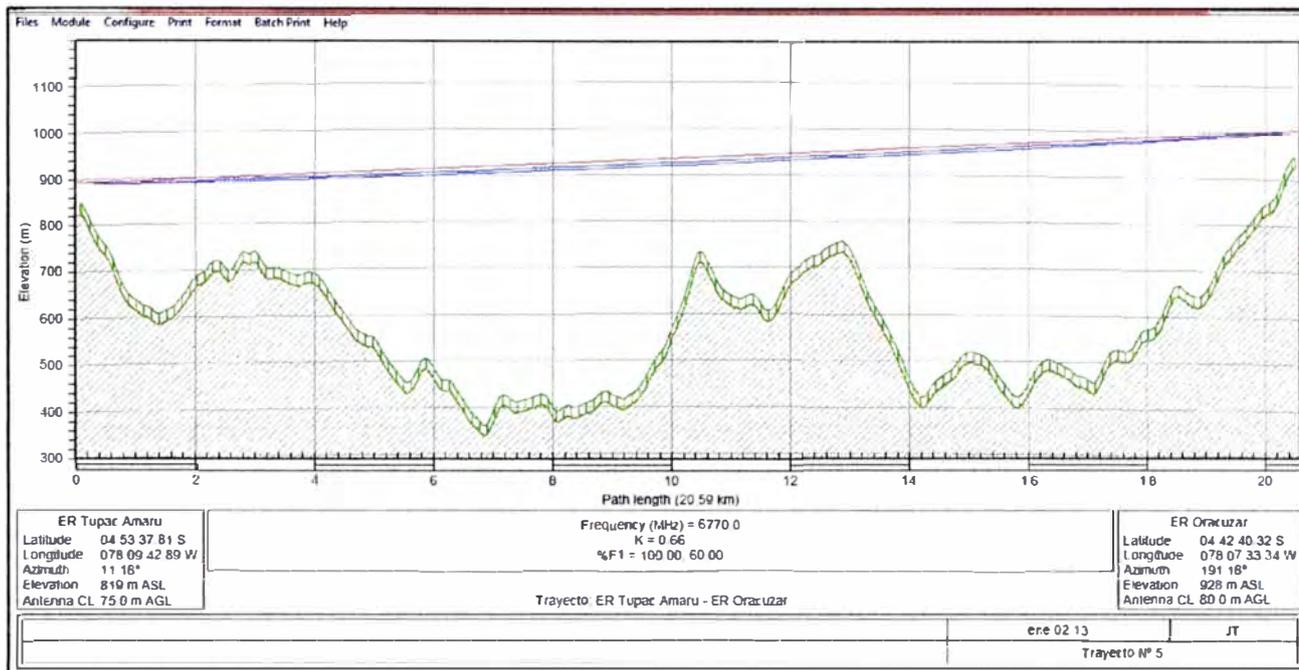


Figura Nº 3.16 Trayecto: Co. Túpac Amaru – Co. Oracuzar.

Site Name		ER Tupac Amaru	ER Oracuzar	Operator code		TORVISCO	
Call Sign		5	6	Radio model	5000S U6G 155M	5000S U6G 155M	
Station Code				Code	5KU6G_155	5KU6G_155	
State				Emission designator			
Owner Code				Traffic code	STM1-64QAM	STM1-64QAM	
Latitude		04 53 37 81 S	04 42 40 32 S	TX power (dBm)	33.00	33.00	
Longitude		078 09 42 89 W	078 07 33 34 W	Frequency (MHz)		6770.00	
True azimuth (°)		11.18	191.18	Polarization		Vertical	
Calculated Distance (km)			20.59	Free space loss (dB)		135.35	
Profile Distance (km)			20.59	EIRP (dBm)	68.70		68.47
Datum		WGS 1984		RX signal (dBm)	-31.37		-31.37
Elevation (m)		818.66	927.64	Radio configuration			
Tower Height (m)		90.00	90.00	TX Ch - 1	TX Ch - 2		
TR Antenna Height (m)		75.00	80.00	6460.0000-V	6800.0000-V		
Code		0	0	6500.0000-V	6840.0000-V		
TX loss (dB)		8.30	8.53	6540.0000-V	6880.0000-V		
RX loss (dB)		8.30	8.53				

Pachloss

Kasei Microwave TR/TA

Figura Nº 3.17 Descripción del trayecto: Co. Túpac Amaru – Co Oracuzar.

f. Trayecto: Co. Oracuzar – Co. Nieva

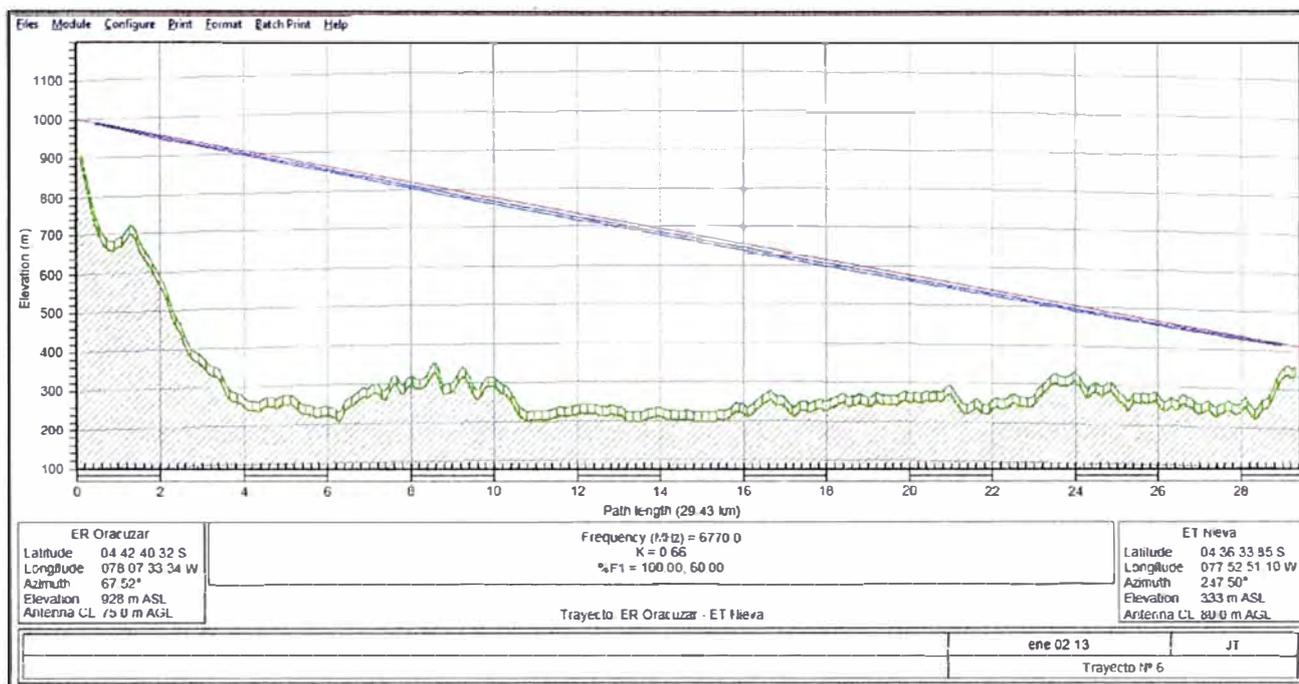


Figura N° 3.18 Trayecto: Co. Oracuzar – Co Nieva.

Site Name		ER Oracuzar	ET Nieva	Operator code		TORVISCO
Call Sign	6		7	Radio model	5000S U6G 155M	5000S U6G 155M
Station Code				Code	5KU6G_155	5KU6G_155
State				Emission designator	STM1-64QAM	STM1-64QAM
Owner Code				Traffic code		
Latitude	04 42 40 32 S		04 36 33 85 S	TX power (dBm)	33.00	33.00
Longitude	078 07 33 34 W		077 52 51 10 W	Frequency (MHz)		6770.00
True azimuth (°)	67.52		247.50	Polarization		Vertical
Calculated Distance (km)		29.43		Free space loss (dB)		138.45
Profile Distance (km)		29.43		EIRP (dBm)	69.06	69.66
Date		WGS 1984		RX signal (dBm)	-33.01	-33.01
Elevation (m)	927.64		332.87	Radio configuration		
Tower Height (m)	90.00		90.00			
TR Antenna Height (m)	75.00		80.00			
Code	0		0			
TX loss (dB)	9.34		8.74			
RX loss (dB)	9.34		8.74			

Pachloss

Klein Microwave TR-TR

Figura N° 3.19 Descripción general del trayecto: Co. Oracuzar – Co. Nieva.

3.3 Diseño de las Redes de Acceso

Las Redes de Acceso comprendidas desde las estaciones troncales hacia las localidades están distribuidas de la siguiente manera:

Tabla N° 3.2 Localidades de interés.

ESTACIONES DE TRANSPORTE SDH	ESTACIONES BASE DE ACCESO	DISTANCIAS
Co. LA PECA	COPALLIN EL PARCO	12.3 km 9.2 km
Co. ARAMANGO	ARMANGO	4.6 km
Co. CHIRIACO	CHIRIACO	8.5 km
Co. NIEVA	SANTA MARIA DE NIEVA	1.6 km

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1 Descripción de los Subsistemas de Acceso

Las localidades de Copallín y el Parco están enlazadas con la estación troncal Co. La Peca que se ubica a aprox. 12 y 9 km respectivamente. Los sistemas previstos para estas redes de acceso son:

a. Subsistema de Radio

- Enlaces desde la estación troncal hasta las estaciones base ubicadas en las localidades por medio de enlaces de radio microondas, en banda no licenciada 5.8GHz, con capacidad hasta de 130Mbps (TDM / Ethernet).
- Una estación base en cada localidad equipada con antenas ventadas de aprox. 30m, con antenas sectoriales con tecnología IEEE 802.11g hacia los clientes (colegios, municipalidades, comisarias, centros de salud y negocios emprendedores).
- En los clientes se deben instalar mástiles con una extensión de las antenas propias de Access points y switches según sea el caso para la interconexión a sus redes LAN.

b. Subsistema de Energía

- Energía comercial 220VAC.
- Un rectificador/Cargador 220VAC a 48VDC.

c. Subsistema de Protección eléctrica y puesta a tierra

- Pararrayos tetrapuntal Franklin para las torres ventadas.
- Pozos a tierra verticales y/o horizontales que aseguren una resistencia del terreno menor a 5 Ω .

En las siguientes figuras se muestran topologías de las conexiones típicas para las estaciones bases localizadas en cada localidad de interés en el proyecto junto con las instituciones que son beneficiadas en el desarrollo del proyecto.

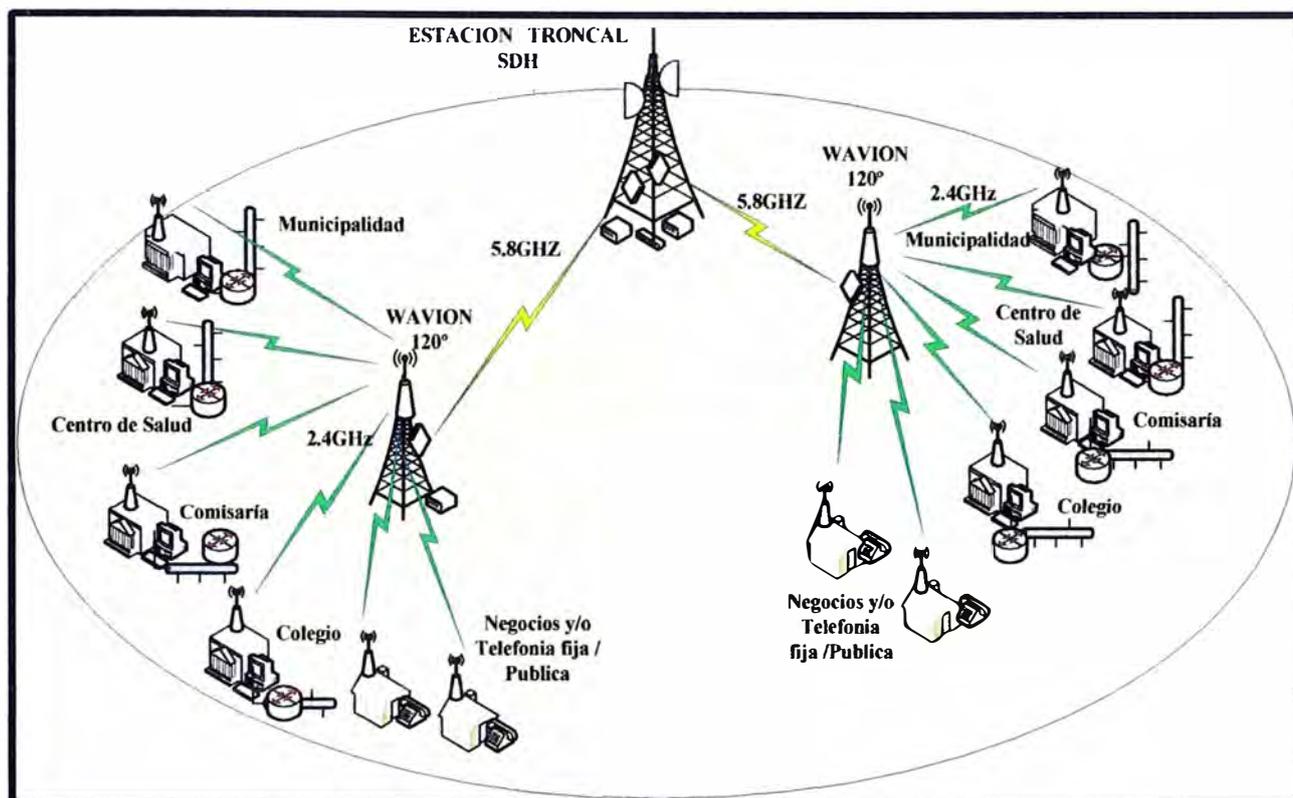


Figura N° 3.20 Acceso típico a dos localidades.

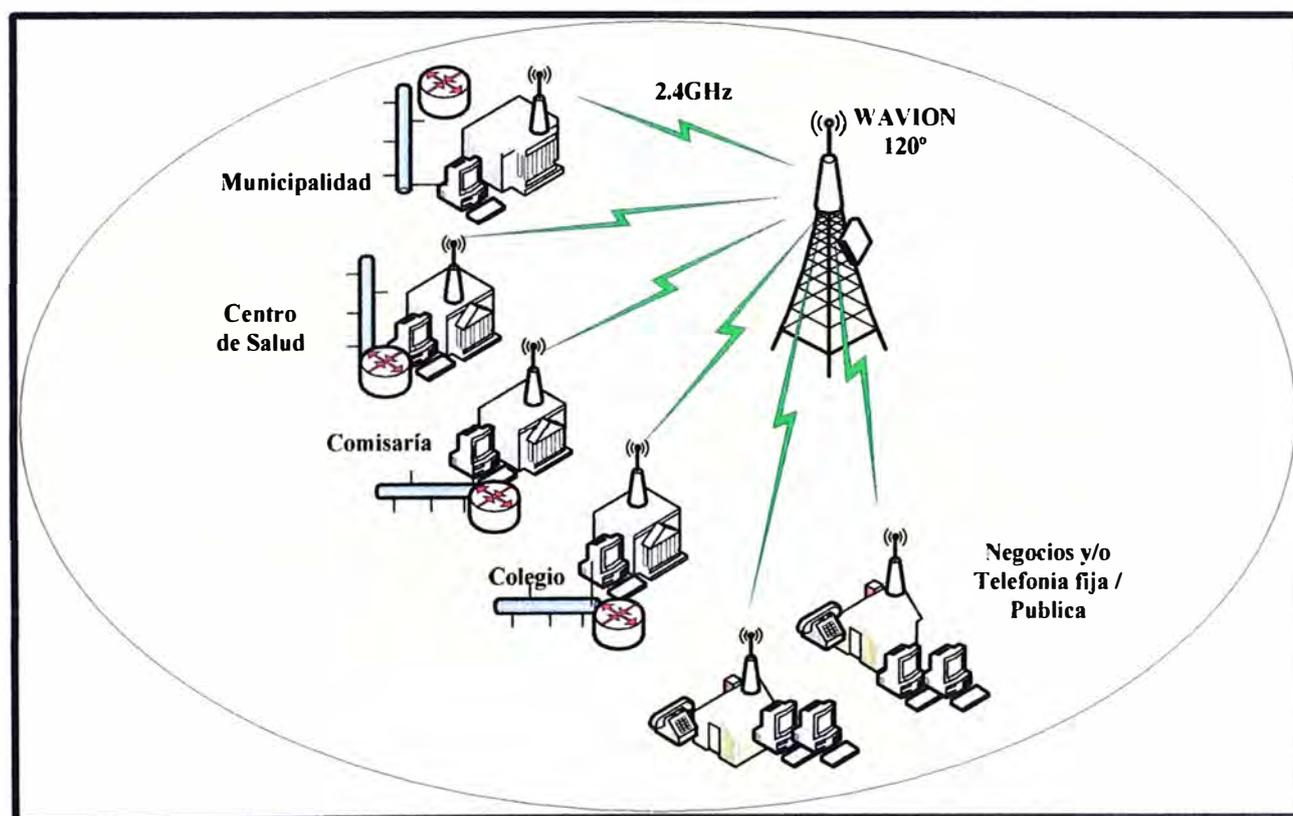


Figura N° 3.21 Acceso típico a una localidad.

DISEÑO GENERAL DE LA RED: "Integración del eje hidrográfico del departamento de Amazonas a la red terrestre de telecomunicaciones a través una red SDH por microondas"

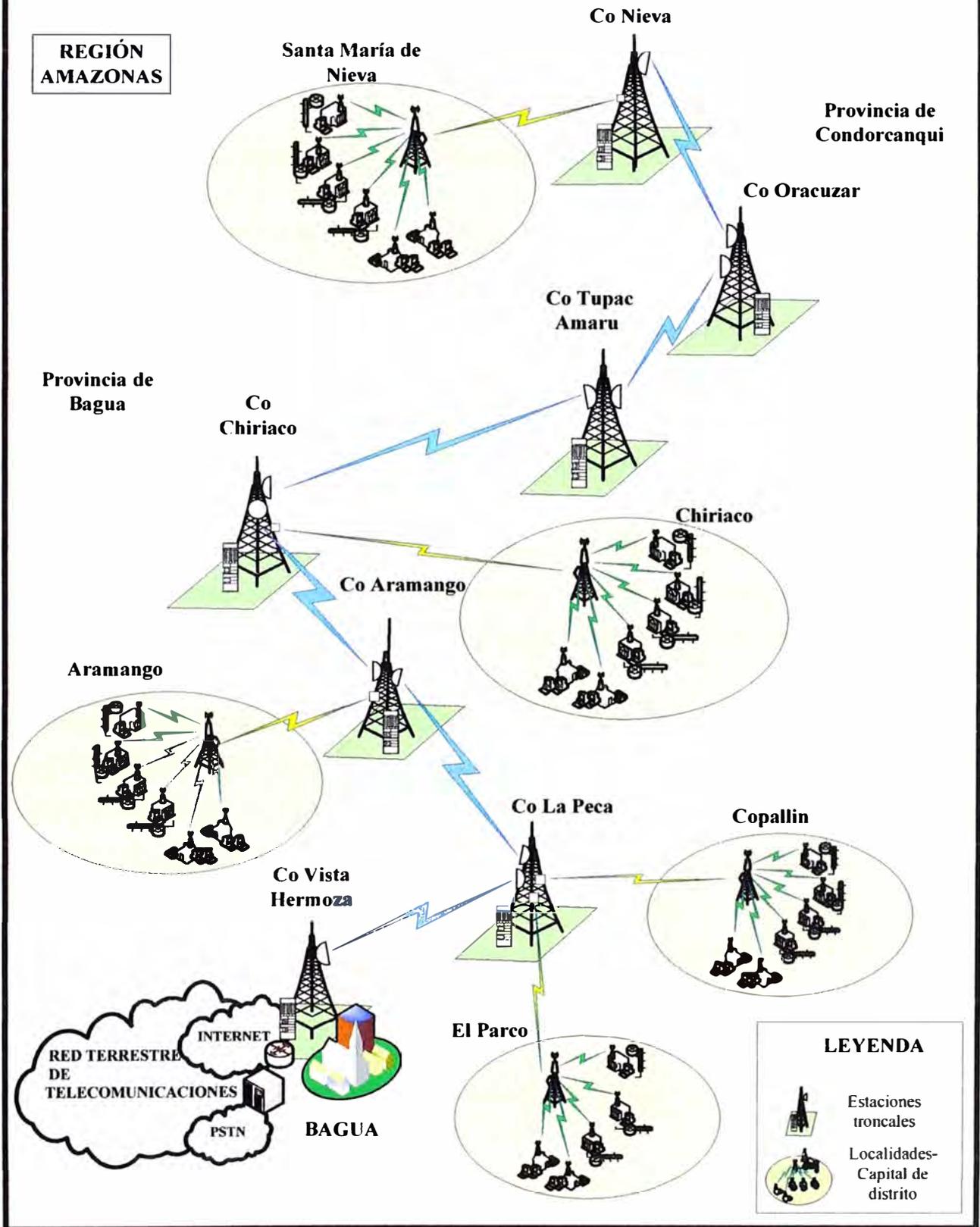


Figura N° 3.22 Diseño general de la Red SDH y Redes de Acceso.

CAPÍTULO IV IMPLEMENTACIÓN DE LA RED SDH Y REDES DE ACCESO

4.1 Consideraciones de la selección del equipamiento

Para el equipamiento del diseño de la Red de Transporte SDH y las Redes de Acceso se toma en cuenta una gama de soluciones que brindan equipos flexibles, de alto rendimiento y escalabilidad para la gran demanda creciente del mercado. Los equipos del Subsistema de Energía solar se consideran en base a los altos grados de eficiencia y su amplio uso en el sector de las telecomunicaciones en el país, en zonas de difícil acceso para los tendidos de energía comercial. Adicionalmente, se establece un banco de baterías que brinda suficiente autonomía como para mantener el sistema en condiciones climáticas poco favorables. Por otro lado, los sistemas de protección contra descargas eléctricas también son seleccionados de acuerdo a las mejores características de protección tanto para los equipos externos como los equipos internos de telecomunicaciones, los cuales se ubican en las torres y conectados en pozos a tierra en las estaciones. Todos estos factores hacen una reducción en los gastos de inversión, operación y mantenimiento.

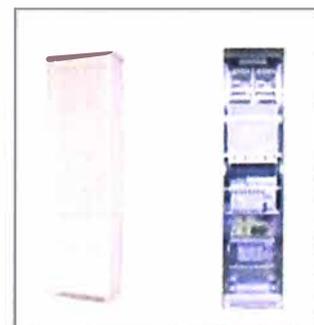
4.2 Implementación de las Estaciones Terminales, Nodales y Repetidoras

Estas estaciones forman parte del Sistema de Telecomunicaciones y está dividido en los siguientes Subsistemas: Subsistema de Radio Microondas, Subsistema de Energía y Subsistema de Protección y puesta a tierra.

4.2.1 Subsistema de Radio Microondas de Transporte SDH

a. Radio Digital de Microondas DMR 5000S desarrollado por NEC

- Bastidor ETSI 19".
- Banda de frecuencias: 4-11GHz.
- Capacidad: 155.52Mbps por sistema (máximo 10 sistemas)
- Modulación: 64QAM, 128QAM.
- Interfaces: Eléctricas y ópticas.
- Canales de servicio: OW, Wayside.
- Integrado con MUX V-Node S (SDH, PDH y Gigabit Ethernet).



b. Antenas Andrew HPX con Radomo

- Alta performance (High Performance).
- Doble polaridad.
- Diámetros: 2.4m, 3.0m y 3.7m
- Ganancias: 42, 44 y 45.4dBi
- F/B= 70dB



c. Guía de onda Hélix y deshidratador:

- Guía de onda elíptica para 6.425-7.125GHz
- Atenuación de 4.5dB/100m
- Deshidratador montable en pared, con 04 puertos y entrada de voltaje de 48VDC.



d. Torres:

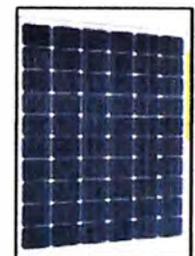
- Autosoportadas cuadradas.
- Galvanizadas en caliente.
- Altura de 84 metros.
- Instalación de luz de balizaje estroboscópica.



4.2.2 Subsistema de Energía

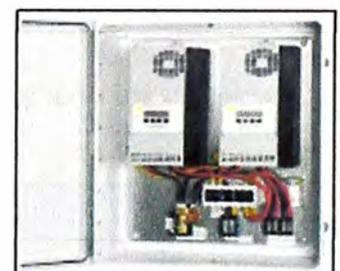
a. Paneles solares Solar World:

- Paneles solares del tipo mono cristalinos.
- Máxima potencia: 270Wp.
- Máxima corriente: 8.42A
- Máximo punto de voltaje: 32.1V



b. Controlador solar Apollo Solar

- Controlador robusto de máxima potencia-MTTP, de máxima potencia-MTTP.
- Suministra hasta 160Amp en sistemas de 48VDC.
- Gestión de la carga en baterías y monitoreo.



c. Banco de baterías Sonnenschein A600 SOLAR/1695

- Banco de 24 baterías para cada Estación Nodal y/o Repetidora.
- Modelo: A600 SOLAR, de 2V, con 1695AH con autonomía para 5 días.
- Baterías libre de mantenimiento.
- Adecuado para almacenamiento de energía renovable



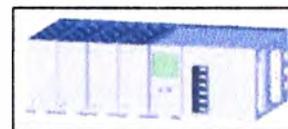
d. Banco de baterías Sonnenschein A600 / 137AH

- Banco de 4 baterías para cada estación terminal.
- Modelo: A612/150, de 12V y 137AH con autonomía de 10 horas.



e. Rectificador ARGUS

- Robusto con 02 módulos en sistema 1+1.
- Modelo: CORDEX-1kW/48V.
- Rectificador para instalarlo en rack 19''.



f. Generador eléctrico Honda

- Capacidad de 1000VA (estaciones terminales).
- Combustible: Gasolina.
- Modelo: EB 1000 SD.



4.2.3 Subsistema de Protección eléctrica y puesta a tierra

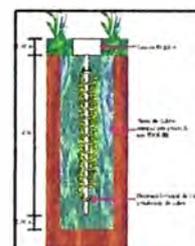
a. Pararrayo PDC

- Para las torres de las estaciones troncales.
- Con dispositivo de cebado para mayor área de protección.
- Con accesorios: Mástil, cable de cobre desnudo, aisladores, etc.



b. Puesta a tierra

- 03 pozos a tierra verticales para cada estación con una resistencia menor a 5 ohmios.
- Componentes: Varilla de cobre tipo Copperweld, cemento conductivo, sales electrolíticas, cajas de registro, etc.



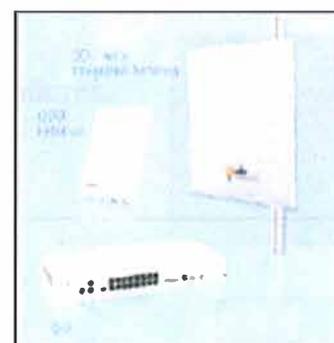
4.3 Implementación de la Redes de Acceso

4.3.1 Subsistema de Radio de Acceso

La estación base, se enlazará con las estaciones troncales o dorsales y con los clientes.

a. Radio RADWIN 2000

- De alta capacidad para redes TDM e IP.
- Operación en la banda 5.8GHz.
- Interface TDM: Hasta 16 puertos E1.
- Interface Ethernet: 02 Puertos 10/100BaseT, soporta VLAN.
- ODU con antena incorporada.
- IDU tipo C (1 RU).
- Gabinete Outdoor Eltek.



a. Estación base sectorial WAVION WBS 2400

- Antena sectorial de 120° de cobertura por antena.
- Ofrece banda ancha wireless en banda no licenciada 2.4GHz (IEEE 802.11g/n).
- Tecnología beamforming (cobertura en condiciones de LOS y NLOS).
- Con alimentación tipo PoE (Power over Ethernet) de 55VDC.



4.3.2 Subsistema de Energía

a. Energía comercial

- Acometidas de 220VAC.

b. Rectificador ARGUS Cordex650W

- Robusto con 02 módulos en sistema "1+1".
- Modelo: CORDEX-650W/48V.



c. Banco de baterías Sonnenschein S12/60A

- Banco de 4 baterías libre de mantenimiento de 12V para cada estación base.
- Modelo: S12/60A, con 60AH de autonomía.



4.3.3 Subsistema de Protección eléctrica y Puesta a tierra

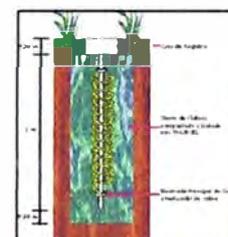
a. Pararrayos tetrapuntal tipo Franklin:

- Con mástil y kit de aisladores.
- Pararrayo típico para estaciones base de Telecomunicaciones.



b. Puesta a tierra

- 01 pozo a tierra vertical para cada estación base con una resistencia menor a 5 ohmios.
- Componentes: Varilla de cobre tipo Copperweld, cemento conductivo, sales electrolíticas, caja de registro, etc.



c. Torres ventadas

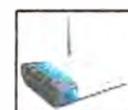
- Torres ventadas triangulares de 30 metros de altura con estabilizadores.
- Localizadas en las estaciones base de las localidades.
- Con pararrayos y luz de balizaje estroboscópica.



4.3.4 Acceso a clientes

a. Access Point para clientes y switches

- Standard IEEE 802.11g/n.



- Norma IEEE 802.3
- Switches de 12-24 puertos full dúplex 100Mbps.



b. Central telefónica

- Gateway ATA (Adaptador telefonía analógica).
- Teléfonos convencionales y teléfonos públicos.



El resumen del equipamiento por cada estación (Red de Transporte) y cada localidad (Red de Acceso) se encuentra detallada en las descripciones de las tablas de costos (Capítulo V).

CAPITULO V EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

5.1 Introducción

En este capítulo se plantea la inversión necesaria que se debe realizar a fin de implementar el equipamiento diseñado para este proyecto, la cual constituye el CAPEX; además, se evalúa los costos incurridos con la puesta en marcha de los servicios, a estos se les denomina costos de operación y mantenimiento u OPEX.

5.2 Costos de inversión en infraestructura CAPEX (CAPital EXpenditure)

Son los costos incurridos en la adquisición de los equipos y todos los componentes para el buen funcionamiento del Sistema de Telecomunicaciones.

5.2.1 Subsistema de Radio Microondas de transporte SDH

Tabla N° 5.1 Detalle del costo por equipo de microondas y complementarios.

	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT. TOTAL	PRECIO UNITARIO (US\$)	MONTO TOTAL SIN IGV (US\$)
1	SUBSISTEMA DE RADIOS MICROONDAS DE TRANSPORTE SDH				
1.1	Sistemas de Radio Microondas NEC 5000 con capacidad de transporte (2+1) STM-1 / Estación Terminal	Und.	2	29,329.06	58,658.12
1.2	Sistemas de Radio Microondas NEC 5000 con capacidad de transporte (2+1) STM-1 /Estación Nodal ó Repetidor	Und.	5	57,158.12	285,790.60
1.3	MUX V-NODE S NEC	Und.	5	2,400.00	12,000.00
1.4	Antena ANDREW de 2.4m, Dual Pol, HPX, con radomo	Und.	4	2,688.71	10,754.84
1.5	Antena ANDREW de 3.0m, Dual Pol, HPX, con radomo	Und.	4	3,456.76	13,827.04
1.6	Antena ANDREW de 3.7m, Dual Pol, HPX, con radomo	Und.	4	8,865.39	35,461.56
1.7	Soporte para antenas ϕ 3"	Und.	12	800.00	9,600.00
1.8	Deshidratador Andrew PMT200B.	Und.	7	2,000.00	14,000.00
1.9	Guia de onda HELIAX (EWP63S)	m	1060	16.55	17,543.00
1.10	Accesorios para guia de onda (eliptica 6Ghz)	Kit	7	15.74	110.20
1.11	Torre autosoportada cuadrada (84m)	Und.	7	100,000.00	700,000.00
1.12	Casetas y cercos perimétricos	Und.	7	32,000.00	224,000.00
1.13	Rack abierto 19" (2145 x 51 x 150mm) hasta 45RU's.	Und.	7	130.00	910.00
1.14	Terminal de Gestión de la red (LCT)	Und.	1	350.00	350.00
SUBTOTAL					1,383,005.36

5.2.2 Subsistema de Energía

Tabla N° 5.2 Detalle del costo para el Subsistema de Energía.

	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT. TOTAL	PRECIO UNITARIO (US\$)	MONTO TOTAL SIN IGV (US\$)
2	SUBSISTEMA DE ENERGIA				
2.1	Rectificador Cargador ARGUS CORDEX 1KW (1+1)	Und	2	5,000.00	10,000.00
2.2	Baterias Sonnenschein A600 (12VDC/137AH)	Und	8	415.00	3,320.00
2.3	Generador eléctrico HONDA (8.8hrs continua - 1000VA).	Und	2	800.00	1,600.00
2.4	Paneles Solares SOLAR WORLD SW270	Und	71	324.00	23,004.00
2.5	Controlador Solar APOLLO SOLAR	Und	5	420.00	2,100.00
2.6	Baterias Sonnenschein OPzV1695	Und	120	2,000.00	240,000.00
2.7	Tablero de energía (DC-PDB)	Und	7	100.00	700.00
2.8	Tablero de energía (AC-PDB)	Und	2	200.00	400.00
2.9	PDB para rack 19"	Und	7	10.00	70.00
SUBTOTAL					281,194.00

5.2.3 Subsistema de Protección eléctrica y puesta a tierra

Tabla N° 5.3 Detalle del costo del Subsistema de Protección y puesta a tierra.

	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT. TOTAL	PRECIO UNITARIO (US\$)	MONTO TOTAL SIN IGV (US\$)
3	SUBSISTEMA DE PROTECCION Y PUESTA A TIERRA				
3.1	Sistema de Pararrayos tipo PDC y accesorios.	kit	7	810.00	5,670.00
3.2	Sistema de Pararrayos tipo Franklin (Tetrapuntal).	kit	5	98.00	490.00
3.3	Cable de Cobre - Cu 1/0 ,pararrayos e interconexion.	m	7	520.00	3,640.00
3.4	Pozos a tierra: Varillas, cajas registradoras, aditivos,etc.	kit	21	82.00	1,722.00
3.5	Platmas de Cobre.	m	28	2.00	56.00
3.6	Sistema de Balizaje (Estroboscópica, fotoeléctrica)	kit	7	200.00	1,400.00
SUBTOTAL					12,978.00

5.2.4 Servicio de transporte de equipos

Tabla N° 5.4 Detalle del costo por transporte de equipos.

	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT. TOTAL	PRECIO UNITARIO (US\$)	MONTO TOTAL SIN IGV (US\$)
4	SERVICIO DE TRANSPORTE DE EQUIPOS				
4.1	Transporte de equipos Lima- Amazonas (Almacenaje, acarreo,etc)	Und	1	35,000.00	35,000.00
4.2	Transporte al interior, traslado de equipos, etc.	Und	1	20,000.00	20,000.00
SUBTOTAL					55,000.00

5.2.5 Servicio de instalación y CAPEX 1

El CAPEX 1 se obtiene de la suma de los costos de los Subsistemas de Radio Microondas, de Energía, de Protección y puesta a tierra, así como los servicios de transporte y los servicios de instalación.

Tabla N° 5.5 Detalle del costo por servicio de instalación y CAPEX 1.

DESCRIPCIÓN	UND.	CANT. TOTAL	PRECIO UNITARIO (US\$)	MONTO TOTAL SIN IGV (US\$)
5.0 SERVICIO DE INSTALACIÓN				
5.1 Instalación del servicio Portador (Troncal).	Und.	1	180,000.00	180,000.00
5.2 Instalación del servicio de acceso.	Und.	5	10,000.00	50,000.00
5.3 Instalación del servicio de energía.	Und.	1	25,000.00	25,000.00
5.4 Instalación del servicio de Protección/ Tierra.	Und.	1	8,000.00	8,000.00
SUBTOTAL				83,000.00
TOTAL CAPEX 1				1,815,177.36

5.2.6 Subsistema de Radios de Acceso

Tabla N° 5.6 Detalle del costo del Subsistema de Radios de Acceso.

DESCRIPCIÓN	UND.	CANT. TOTAL	PRECIO UNITARIO (US\$)	MONTO TOTAL SIN IGV (US\$)
1 SUBSISTEMA DE RADIOS DE ACCESO				
1.1 ODU-RW 2000 (RW-2030-0100)serie C - 5.8GHz	Und.	10	3,650.00	36,500.00
1.2 IDU-C (RW-7216-2000)	Und.	10	1,800.00	18,000.00
1.3 Estación Base sectorial Wavion 120°	Und.	5	2,902.00	14,510.00
1.4 Switch 24 puertos	Kit	15	80.00	1,200.00
1.5 Access Point clientes .	Und.	19	25.00	475.00
1.6 BDU (RW-7308-1000) (Unidad de distribución/ MTP)	Und.	1	1,000.00	1,000.00
1.7 Cable Cat5e(5m), ODU-IDU, con RJ45	Und.	1	71.00	71.00
1.8 Cable Cat5e(100m), ODU-IDU, con RJ45	Kit	5	207.00	1,035.00
1.9 Central telefónica.	Kit	1	11,000.00	11,000.00
1.10 Gateway ATA	Und.	5	35.00	175.00
1.11 Rectificador Cargador ARGUS Cordex 650W (1+1)	Und.	5	2,500.00	12,500.00
1.12 Baterías Sonnenschein S12/60A 60AH	Und.	20	210.00	4,200.00
1.13 Torre autosoportada triangular (30m)	Und.	5	15,000.00	75,000.00
1.14 Mastiles 2" (2m)	Und.	19	20.00	380.00
1.15 Gabiente outdoor	Und.	5	2,000.00	10,000.00
SUBTOTAL				186,046.00

5.2.7 Subsistema de Protección y Puesta a tierra del acceso y CAPEX 2

Tabla N° 5.7 Detalle del costo del sistema de Protección y Puesta a tierra y CAPEX 2.

	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT. TOTAL	PRECIO UNITARIO (US\$)	MONTO TOTAL SIN IGV (US\$)
2	SUBSISTEMA DE PROTECCION / PUESTA A TIERRA				
2.1	Pararrayos Tetrapuntal Franklin y accesorios.	Kit	5	160.00	800.00
2.2	Pozos a tierra: Varillas, cajas registradoras, aditivos, etc.	Kit	5	82.00	410.00
2.3	Cable de Cobre desnudo - Cu 1/0 ,pararrayos e interconexion.	m	5	260.00	1,300.00
2.4	Sistema de Balizaje (Estroboscópica, fotoeléctrica)	Kit	5	200.00	1,000.00
SUBTOTAL					2,510.00
TOTAL CAPEX 2					188,556.00

5.2.8 CAPEX final total del proyecto

Tabla N° 5.8 CAPEX final total de proyecto.

TOTAL CAPEX DEL PROYECTO \$ (Sin IGV)	2,003,733
TOTAL CAPEX DEL PROYECTO S/. (Sin IGV)	5,410,080

5.3 Costos de Operación y Mantenimiento OPEX (OPERating EXPediture)

Son los costos incurridos en la etapa operativa del proyecto. Para el cálculo de estos tipos de costos se consideran los siguientes:

- *Costos de mantenimiento preventivo*, son los costos necesarios para realizar las inspecciones a la infraestructura instalada 02 veces por año.
- *Costos de mantenimiento correctivo*, son los costos aplicados de producirse algún evento adverso al buen funcionamiento del sistema en general, para ello se debe proceder a resolverse en un tiempo inmediato, contando con personal capacitado y con las herramientas necesarias.
- *Gastos de operación*, relacionado con los gastos incurridos en el personal administrativo, pagos generales y personal de seguridad de las estaciones.

Se muestra en la *Tabla N° 5.9* los gastos incurridos en la etapa operativa del proyecto.

Tabla N° 5.9 Costos por Operación y Mantenimiento.

DESCRIPCIÓN		COSTO MENSUAL S/.	COSTO ANUAL S/.	CANT.	TOTAL ANUAL S/.
1	COSTOS POR OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				
1.2	Mantenimiento preventivo y correctivo.	4,200.00	50,400.00	4	201,600.00
1.3	Monitoreo y control	4,200.00	50,400.00	2	100.800.00
SUBTOTAL.					302,400.00
2	GASTOS DE OPERACIÓN				
2.1	Personal administrativo.	1,200.00	14,400.00	5	72,000.00
2.2	Gastos en servicio de vigilancia.	1,100.00	13,200.00	7	92,400.00
2.3	Pago por consumo de energía comercial por una estación	305.28	3,663.36	2	7,326.72
2.4	Canon radioeléctrico (20%UIT x Estación x Frecuencias)	-	15,330.00	1	15,330.00
2.5	Gastos por renta de los terrenos (Estaciones de transporte y acceso)	800.00	9,600.00	12	115,200.00
SUBTOTAL					302,256.72
TOTAL OPEX ANUALES S/. (Sin IGV)					604,656.72

5.4 Cálculo de la rentabilidad

A la finalización del análisis del flujo de dinero entre los costos y gastos operativos y los ingresos obtenidos por servicios, se puede determinar aproximadamente los ingresos por concepto de servicios principalmente de internet y luego servicios de telefonía fija y pública, así también los servicios de arrendamiento de Els ofrecidos a otras operadoras de telecomunicaciones y/o instituciones privadas. Cabe resaltar que los parámetros de rentabilidad (*Tabla N° 5.10*) son aproximaciones realizadas para un periodo de 10 años, con un retorno de la inversión a partir del noveno año, el cual puede ser antes dependiendo del incremento de nuevos clientes, generando como resultado un aumento de ingresos por alquileres de Els y/o banda ancha. Una vez recuperada la inversión se debe apreciar la rentabilidad del presente proyecto, la cual debe ser sostenible en el tiempo. Por lo tanto, se concluye que el desarrollo de este proyecto es viable para un plazo de 10 años.

Tabla N° 5.10 Parámetros de rentabilidad.

Tasa de descuento	10%
VAN	S/. 651,801.31
TIR	13%

Tabla N° 5.11 Descripción del flujo de dinero.

DESCRIPCIÓN / PERIODO	TOTAL
Beneficios	15,912,000.00
Ingresos conexión a internet (Localidades)	
Ingresos por telefonía fija y pública	
Ingresos por Internet (Emprendedores)	
Ingreso por carrier (Alquiler de E1)	
Costos	11,456,647.27
Inversión (CAPEX)	
Costo de O&M (OPEX)	
Flujo Neto	4,455,352.73

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- 1.** En vista a la problemática actual sobre la baja penetración en banda ancha, tanto móvil como fija, se opta por el diseño de una infraestructura capaz de incrementar la densidad de banda ancha en el departamento de Amazonas, de manera que satisfaga las necesidades inmediatas de las población hasta que sea integrada a la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica contemplada en el Plan Nacional de Banda Ancha al 2016 (FITEL).
- 2.** Este Proyecto, permite la navegabilidad de las comunicaciones en esta región norte de Amazonas con una velocidad aceptable; la cual coadyuva al desarrollo del comercio y genera beneficios en la economía de los pueblos beneficiados directa e indirectamente. Además, crea una sinergia con las acciones del estado focalizadas a mejorar los puertos fluviales y la navegabilidad en la región Amazonas.
- 3.** Este estudio de pre-factibilidad brinda lineamientos para el establecimiento de la red de transporte de microondas por SDH, para inversión de la empresa privada y/o subsidios del Estado peruano.
- 4.** Con la implementación de esta red de transporte, se puede desarrollar soluciones adicionales como la creación de un sistema de monitoreo de las condiciones ambientales en la zona de influencia del proyecto con el fin de preservar los recursos hídricos, suelo, aire, biodiversidad, entre otros, con la participación de los gobiernos locales e instituciones no gubernamentales. Por ejemplo, la colocación de cámaras IP con sensores para un sistema de vigilancia, o monitoreo de nuestro espacio aéreo.
- 5.** Se reafirma el objetivo final de insertar a la población, beneficiada por el proyecto, a la sociedad de la información y elevar la calidad de vida de los ciudadanos.
- 6.** Los costos de infraestructura y mantenimiento del proyecto se pueden recuperar a partir del noveno año, siempre y cuando se cumpla con los ingresos establecidos y se confirme los parámetros de rentabilidad. Estos factores mejoran con ingresos mayores en cuanto a más alquileres de Els para distintas empresas de telecomunicaciones y sector privado.

RECOMENDACIONES:

- 1.** Se recomienda a las localidades de interés brindar las facilidades para el arrendamiento de los terrenos provistos para las estaciones troncales y las de acceso, como también los trámites administrativos propios del desarrollo del proyecto.
- 2.** Para evitar la subutilización del sistema de protección (Diversidad de frecuencia), se recomienda su configuración de manera que se utilice para transferir datos complementarios con menor prioridad que los datos de banda ancha, y siempre que exista un desvanecimiento de la señal en el sistema principal éste conmute hacia el sistema de protección, es decir el sistema de mayor prioridad se impone frente a situaciones adversas.
- 3.** Se recomienda a la operadora encargada de la implantación, operación y mantenimiento, a elaborar un plan de gestión centralizada de la red de transporte y redes de acceso con el fin de monitorear la red en su totalidad.
- 4.** A fin de desarrollar las capacidades y habilidades de la población en el uso de TIC se recomienda un plan estratégico por parte de gobiernos locales y/o Gobierno Central.
- 5.** En el desarrollo del proyecto se recomienda un buen equipo de gestión afín de cumplir con los alcances del mismo en tiempo y costo, así como de calidad, en aras de obtener un proyecto exitoso.

ANEXO A
CALCULOS DE PROPAGACIÓN

	ET Vista Hermoza	ER La Peca
Elevation (m)	501.20	2213.82
Latitude	05 38 02.70 S	05 33 47.18 S
Longitude	078 32 27.10 W	078 25 25.15 W
True azimuth (°)	58.86	238.84
Vertical angle (°)	6.39	-6.49
Antenna model	HPX8-65	HPX8-65
Antenna height (m)	80.00	80.00
Antenna gain (dBi)	42.00	42.00
Radome loss (dB)	0.00	0.00
TX line type	EWP63S	EWP63S
TX line length (m)	95.00	95.00
TX line unit loss (dB /100 m)	4.50	4.50
TX line loss (dB)	4.28	4.28
Connector loss (dB)	0.10	0.10
Miscellaneous loss (dB)	1.00	1.00
Circ. branching loss (dB)	3.15	3.15
Frequency (MHz)	6770.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	15.17	
Free space loss (dB)	132.70	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.14	
Net path loss (dB)	65.89	65.89
Radio model	5000S U6G 155M	5000S U6G 155M
TX power (watts)	2.00	2.00
TX power (dBm)	33.00	33.00
EIRP (dBm)	66.47	66.47
TX Channels	1l 6460.0000V 2l 6500.0000V 3l 6540.0000V	1h 6800.0000V 2h 6840.0000V 3h 6880.0000V
RX threshold criteria	BER 10-6	BER 10-6
RX threshold level (dBm)	-76.00	-76.00
Maximum receive signal (dBm)	-15.00	-15.00
RX signal (dBm)	-32.89	-32.89
Thermal fade margin (dB)	43.11	43.11
Dispersive fade margin (dB)	61.00	61.00
Dispersive fade occurrence factor	1.00	
Effective fade margin (dB)	43.04	43.04
Geoclimatic factor	1.99E-06	
Path inclination (mr)	112.39	
Fade occurrence factor (Po)	2.59E-06	
Average annual temperature (°C)	25.00	
Effective frequency spacing (MHz)	32.00	32.00
FD improvement factor	74.55	74.55
Worst month - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	4.54e-06	4.54e-06
Annual - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	2.04e-05	2.04e-05
(% - sec)	100.00000 - 0.00	
Rain region	ITU Region N	
0.01% rain rate (mm/hr)	95.00	
Flat fade margin - rain (dB)	43.11	
Rain rate (mm/hr)	4773.13	
Rain attenuation (dB)	43.11	
Annual rain (%-sec)	100.00000 - 0.00	
Annual multipath + rain (%-sec)	100.00000 - 0.00	

dom, oct 13 2013
ER Vista Hermoza- ER La Peca.pl4
Reliability Method - ITU-R P.530-7/8
Rain - ITU-R P.530-8

	ER La Peca	ER Aramango
Elevation (m)	2213.82	1904.96
Latitude	05 33 47.18 S	05 24 39.70 S
Longitude	078 25 25.15 W	078 23 44.64 W
True azimuth (°)	10.43	190.42
Vertical angle (°)	-1.16	1.04
Antenna model	HPX8-65	HPX8-65
Antenna height (m)	70.00	50.00
Antenna gain (dBi)	42.00	42.00
Radome loss (dB)	0.00	0.00
TX line type	EWP63S	EWP63S
TX line length (m)	85.00	65.00
TX line unit loss (dB /100 m)	4.50	4.50
TX line loss (dB)	3.83	2.92
Connector loss (dB)	0.10	0.10
Miscellaneous loss (dB)	1.00	1.00
Circ. branching loss (dB)	3.15	3.15
Frequency (MHz)	6770.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	17.10	
Free space loss (dB)	133.74	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.16	
Net path loss (dB)	65.15	65.15
Radio model	5000S U6G 155M	5000S U6G 155M
TX power (watts)	2.00	2.00
TX power (dBm)	33.00	33.00
EIRP (dBm)	66.92	67.83
TX Channels	1h 6800.0000V 2h 6840.0000V 3h 6880.0000V	1l 6460.0000V 2l 6500.0000V 3h 6540.0000V
RX threshold criteria	BER 10-6	BER 10-6
RX threshold level (dBm)	-76.00	-76.00
Maximum receive signal (dBm)	-15.00	-15.00
RX signal (dBm)	-32.15	-32.15
Thermal fade margin (dB)	43.85	43.85
Dispersive fade margin (dB)	61.00	61.00
Dispersive fade occurrence factor	1.00	
Effective fade margin (dB)	43.77	43.77
Geoclimatic factor	7.06E-07	
Path inclination (mr)	19.23	
Fade occurrence factor (Po)	1.58E-05	
Average annual temperature (°C)	25.00	
Effective frequency spacing (MHz)	32.00	32.00
FD improvement factor	78.28	78.28
Worst month - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	2.23e-05	2.23e-05
Annual - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	1.00e-04	1.00e-04
(% - sec)	100.00000 - 0.00	
Rain region	ITU Region N	
0.01% rain rate (mm/hr)	95.00	
Flat fade margin - rain (dB)	43.85	
Rain rate (mm/hr)	4735.06	
Rain attenuation (dB)	43.85	
Annual rain (%-sec)	100.00000 - 0.00	
Annual multipath + rain (%-sec)	100.00000 - 0.00	

dom, oct 13 2013
ER La peca - ER Aramango.pl4
Reliability Method - ITU-R P.530-7/8
Rain - ITU-R P.530-8

	ER Aramango 3	ER Chiriaco 4
Elevation (m)	1904.96	673.93
Latitude	05 24 39.70 S	05 06 34.17 S
Longitude	078 23 44.64 W	078 20 29.82 W
True azimuth (°)	10.20	190.20
Vertical angle (°)	-2.18	1.95
Antenna model	HPX12-65	HPX12-65
Antenna height (m)	70.00	80.00
Antenna gain (dBi)	45.40	45.40
Radome loss (dB)	0.00	0.00
TX line type	EWP63S	EWP63S
TX line length (m)	85.00	95.00
TX line unit loss (dB /100 m)	4.50	4.50
TX line loss (dB)	3.83	4.28
Connector loss (dB)	0.10	0.10
Miscellaneous loss (dB)	1.00	1.00
Circ. branching loss (dB)	3.15	3.15
Frequency (MHz)	6770.00	
Polarization	Horizontal	
Path length (km)	33.88	
Free space loss (dB)	139.68	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.31	
Net path loss (dB)	65.79	65.79
Radio model	5000S U6G 155M	5000S U6G 155M
TX power (watts)	2.00	2.00
TX power (dBm)	33.00	33.00
EIRP (dBm)	70.32	69.88
TX Channels	1l 6460.0000H 2l 6500.0000H 3l 6540.0000H	1h 6800.0000H 2h 6840.0000H 3h 6880.0000H
RX threshold criteria	BER 10-6	BER 10-6
RX threshold level (dBm)	-76.00	-76.00
Maximum receive signal (dBm)	-15.00	-15.00
RX signal (dBm)	-32.79	-32.79
Thermal fade margin (dB)	43.21	43.21
Dispersive fade margin (dB)	61.00	61.00
Dispersive fade occurrence factor	1.00	
Effective fade margin (dB)	43.14	43.14
Geoclimatic factor	7.06E-07	
Path inclination (mr)	36.02	
Fade occurrence factor (Po)	7.95E-05	
Average annual temperature (°C)	25.00	
Effective frequency spacing (MHz)	32.00	32.00
FD improvement factor	34.16	34.16
Worst month - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	2.97e-04	2.97e-04
Annual - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	1.34e-03	1.34e-03
(% - sec)	100.00000 - 0.00	
Rain region	ITU Region N	
0.01% rain rate (mm/hr)	95.00	
Flat fade margin - rain (dB)	43.21	
Rain rate (mm/hr)	3426.22	
Rain attenuation (dB)	43.21	
Annual rain (%-sec)	100.00000 - 0.00	
Annual multipath + rain (%-sec)	100.00000 - 0.00	

	ER Chiriaco 4	ER Tupac Amaru 5
Elevation (m)	673.93	818.66
Latitude	05 06 34.17 S	04 53 37.81 S
Longitude	078 20 29.82 W	078 09 42.89 W
True azimuth (°)	39.89	219.88
Vertical angle (°)	0.16	-0.37
Antenna model	HPX12-65	HPX12-65
Antenna height (m)	70.00	70.00
Antenna gain (dBi)	45.40	45.40
Radome loss (dB)	0.00	0.00
TX line type	EWP63S	EWP63S
TX line length (m)	85.00	85.00
TX line unit loss (dB /100 m)	4.50	4.50
TX line loss (dB)	3.83	3.83
Connector loss (dB)	0.10	0.10
Miscellaneous loss (dB)	1.00	1.00
Circ. branching loss (dB)	3.15	3.15
Frequency (MHz)	6770.00	
Polarization	Horizontal	
Path length (km)	31.08	
Free space loss (dB)	138.93	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.29	
Net path loss (dB)	64.56	64.56
Radio model	5000S U6G 155M	5000S U6G 155M
TX power (watts)	2.00	2.00
TX power (dBm)	33.00	33.00
EIRP (dBm)	70.32	70.32
TX Channels	1h 6800.0000H 2h 6840.0000H 3h 6880.0000H	1l 6460.0000H 2l 6500.0000H 3l 6540.0000H
RX threshold criteria	BER 10-6	BER 10-6
RX threshold level (dBm)	-76.00	-76.00
Maximum receive signal (dBm)	-15.00	-15.00
RX signal (dBm)	-31.56	-31.56
Thermal fade margin (dB)	44.44	44.44
Dispersive fade margin (dB)	61.00	61.00
Dispersive fade occurrence factor	1.00	
Effective fade margin (dB)	44.34	44.34
Geoclimatic factor	7.06E-07	
Path inclination (mr)	4.66	
Fade occurrence factor (Po)	8.08E-04	
Average annual temperature (°C)	25.00	
Effective frequency spacing (MHz)	32.00	32.00
FD improvement factor	49.11	49.11
Worst month - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	1.59e-03	1.59e-03
Annual - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	7.16e-03	7.16e-03
(% - sec)	100.00000 - 0.01	
Rain region	ITU Region N	
0.01% rain rate (mm/hr)	95.00	
Flat fade margin - rain (dB)	44.44	
Rain rate (mm/hr)	3599.31	
Rain attenuation (dB)	44.44	
Annual rain (%-sec)	100.00000 - 0.00	
Annual multipath + rain (%-sec)	100.00000 - 0.01	

	ER Tupac Amaru 5	ER Oracuzar 6
Elevation (m)	818.66	679.38
Latitude	04 53 37.81 S	04 42 45.17 S
Longitude	078 09 42.89 W	078 07 19.22 W
True azimuth (°)	12.45	192.45
Vertical angle (°)	-0.44	0.31
Antenna model	HPX10-65	HPX10-65
Antenna height (m)	75.00	80.00
Antenna gain (dBi)	44.00	44.00
Radome loss (dB)	0.00	0.00
TX line type	EWP63S	EWP63S
TX line length (m)	90.00	95.00
TX line unit loss (dB /100 m)	4.50	4.50
TX line loss (dB)	4.05	4.28
Connector loss (dB)	0.10	0.10
Miscellaneous loss (dB)	1.00	1.00
Circ. branching loss (dB)	3.15	3.15
Frequency (MHz)	6770.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	20.53	
Free space loss (dB)	135.33	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.19	
Net path loss (dB)	64.34	64.34
Radio model	5000S U6G 155M	5000S U6G 155M
TX power (watts)	2.00	2.00
TX power (dBm)	33.00	33.00
EIRP (dBm)	68.70	68.47
TX Channels	1I 6460.0000V 2I 6500.0000V 3I 6540.0000V	1h 6800.0000V 2h 6840.0000V 3h 6880.0000V
RX threshold criteria	BER 10-6	
RX threshold level (dBm)	-76.00	-76.00
Maximum receive signal (dBm)	-15.00	-15.00
RX signal (dBm)	-31.34	-31.34
Thermal fade margin (dB)	44.66	44.66
Dispersive fade margin (dB)	61.00	61.00
Dispersive fade occurrence factor	1.00	
Effective fade margin (dB)	44.56	44.56
Geoclimatic factor	7.06E-07	
Path inclination (mr)	6.54	
Fade occurrence factor (Po)	1.21E-04	
Average annual temperature (°C)	25.00	
Effective frequency spacing (MHz)	32.00	32.00
FD improvement factor	78.18	78.18
Worst month - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	1.43e-04	1.43e-04
Annual - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	6.43e-04	6.43e-04
(% - sec)	100.00000 - 0.00	
Rain region	ITU Region N	
0.01% rain rate (mm/hr)	95.00	
Flat fade margin - rain (dB)	44.66	
Rain rate (mm/hr)	4652.51	
Rain attenuation (dB)	44.66	
Annual rain (%-sec)	100.00000 - 0.00	
Annual multipath + rain (%-sec)	100.00000 - 0.00	

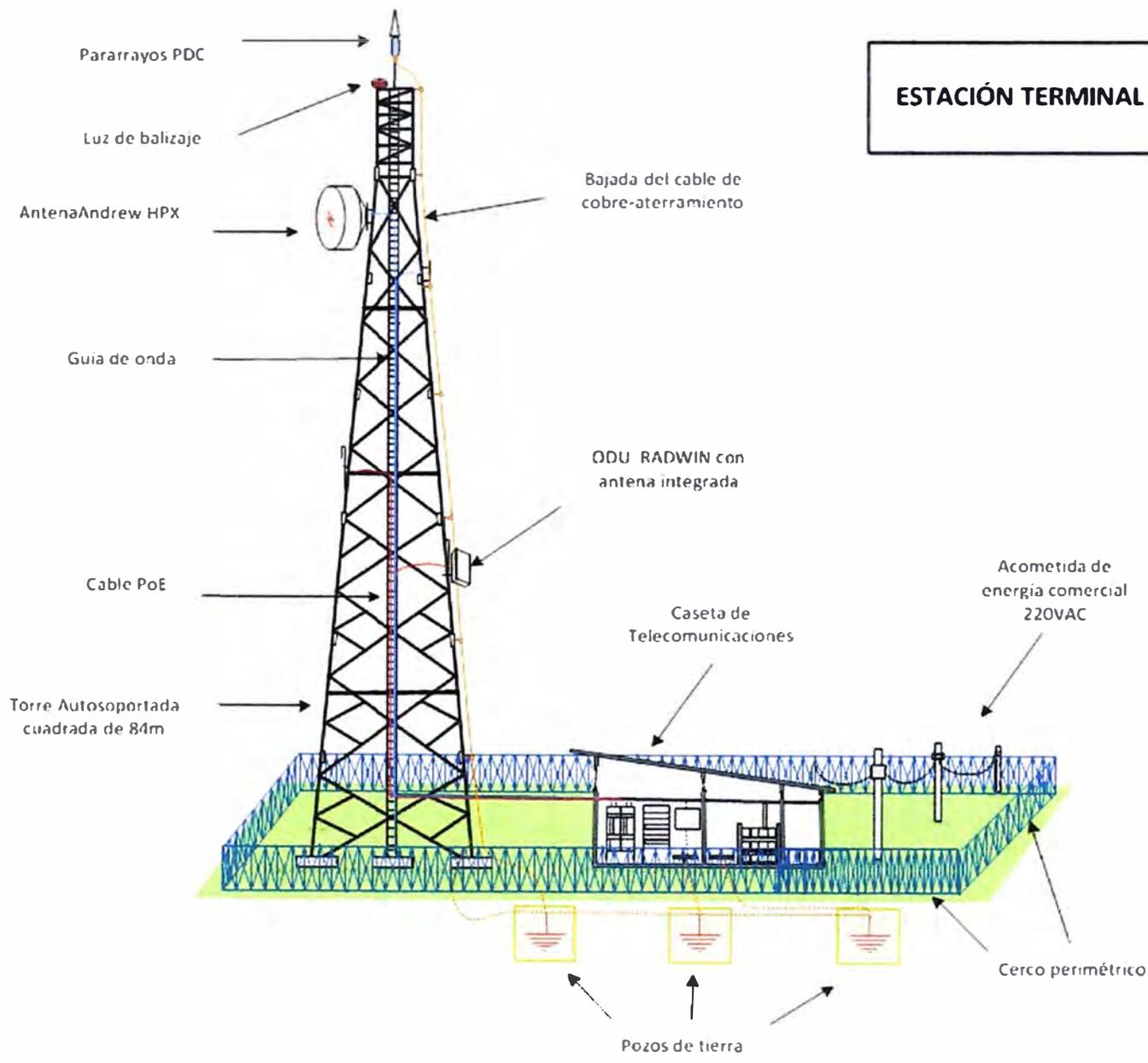
vie, dic 07 2012
ER Tupac Amaru - ER Oracuzar.pl4
Reliability Method - ITU-R P.530-7/8
Rain - ITU-R P.530-8

	ER Oracuzar 6	ET Nieva 7
Elevation (m)	451.30	282.77
Latitude	04 42 45.17 S	04 36 33.85 S
Longitude	078 07 19.22 W	077 52 51.10 W
True azimuth (°)	66.92	246.90
Vertical angle (°)	-0.41	0.21
Antenna model	HPX12-65	HPX12-65
Antenna height (m)	75.00	80.00
Antenna gain (dBi)	45.40	45.40
Radome loss (dB)	0.00	0.00
TX line type	EWP77-71W	EWP77-71W
TX line length (m)	85.00	75.00
TX line unit loss (dB /100 m)	5.99	5.99
TX line loss (dB)	5.09	4.49
Connector loss (dB)	0.10	0.10
Miscellaneous loss (dB)	1.00	1.00
Circ. branching loss (dB)	3.15	3.15
Frequency (MHz)	6770.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	30.32	
Free space loss (dB)	138.71	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.28	
Net path loss (dB)	66.28	66.28
Radio model	5000S U6G 155M	5000S U6G 155M
TX power (watts)	2.00	2.00
TX power (dBm)	33.00	33.00
EIRP (dBm)	69.06	69.66
RX threshold criteria	BER 10-6	BER 10-6
RX threshold level (dBm)	-76.00	-76.00
Maximum receive signal (dBm)	-15.00	-15.00
RX signal (dBm)	-33.28	-33.28
Thermal fade margin (dB)	42.72	42.72
Dispersive fade margin (dB)	61.00	61.00
Dispersive fade occurrence factor	1.00	
Effective fade margin (dB)	42.66	42.66
Geoclimatic factor	7.06E-07	
Path inclination (mr)	5.39	
Fade occurrence factor (Po)	6.23E-04	
Average annual temperature (°C)	25.00	
Worst month - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	0.09	0.09
Annual - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	0.40	0.40
(% - sec)	100.00000 - 0.80	
Rain region	ITU Region N	
0.01% rain rate (mm/hr)	95.00	
Flat fade margin - rain (dB)	42.72	
Rain rate (mm/hr)	4121.83	
Rain attenuation (dB)	42.72	
Annual rain (%-sec)	100.00000 - 0.00	
Annual multipath + rain (%-sec)	100.00000 - 0.80	

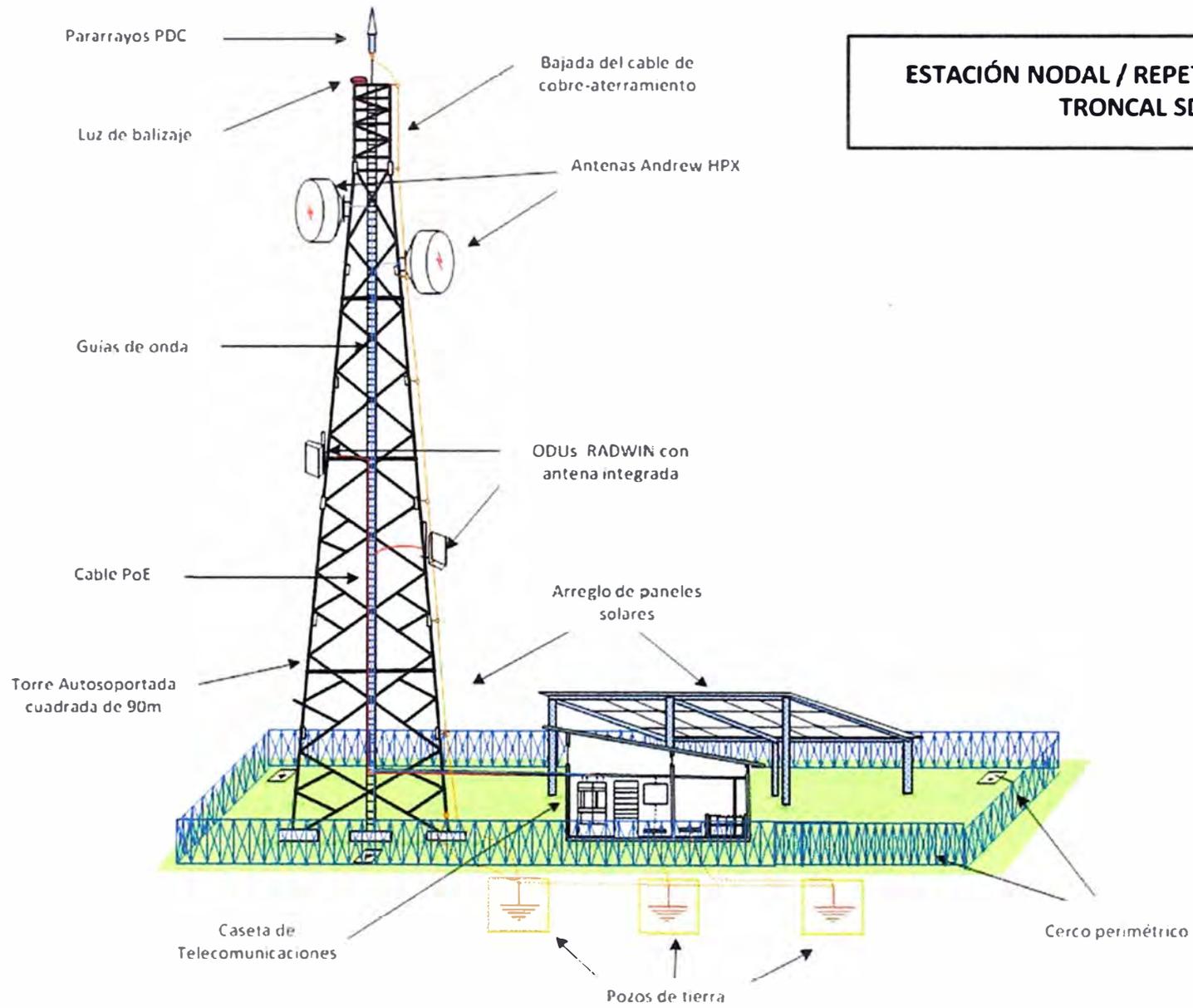
jue, dic 27 2012
ER Oracuzar - ET Nieva.pl4
Reliability Method - ITU-R P.530-7/8
Rain - ITU-R P.530-8

ANEXO B
DISEÑOS DE LAS ESTACIONES DE TELECOMUNICACIONES

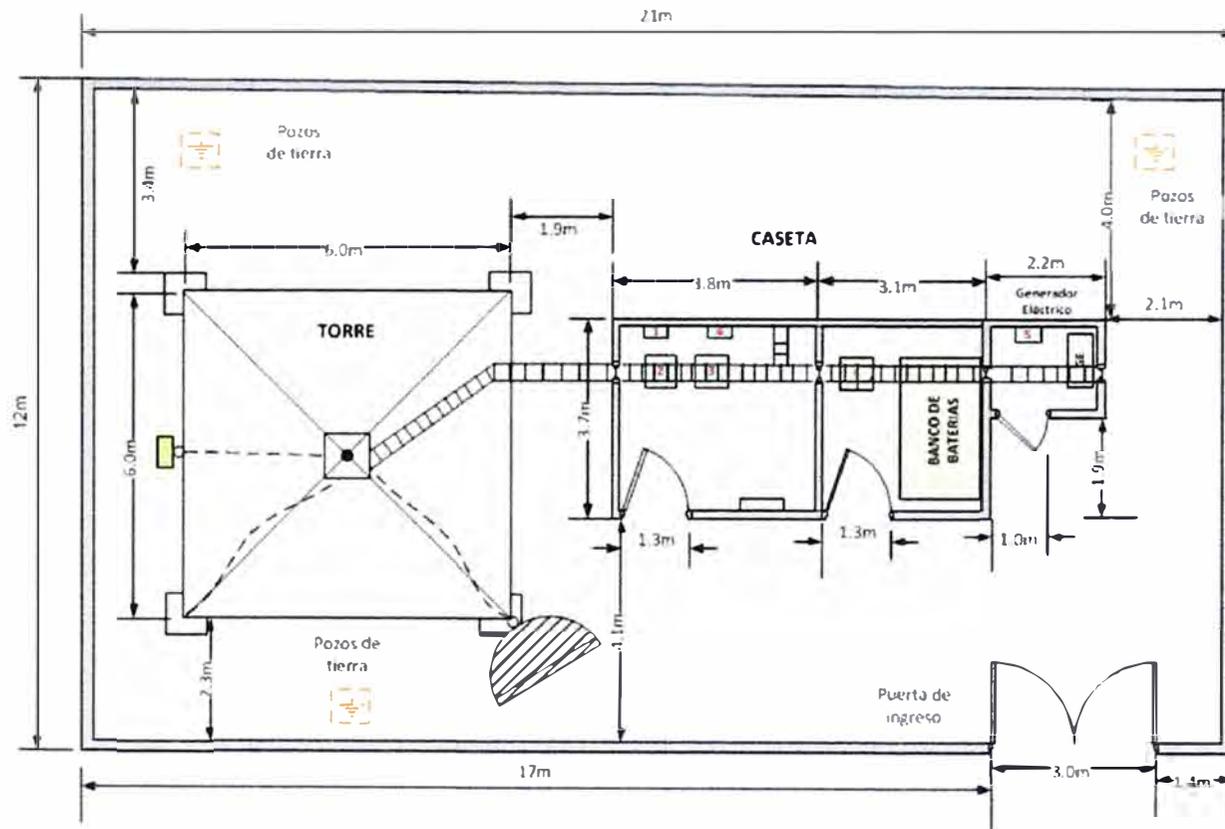
ESTACIÓN TERMINAL TÍPICA - TRONCAL SDH



ESTACIÓN NODAL / REPETIDORA TÍPICA - TRONCAL SDH



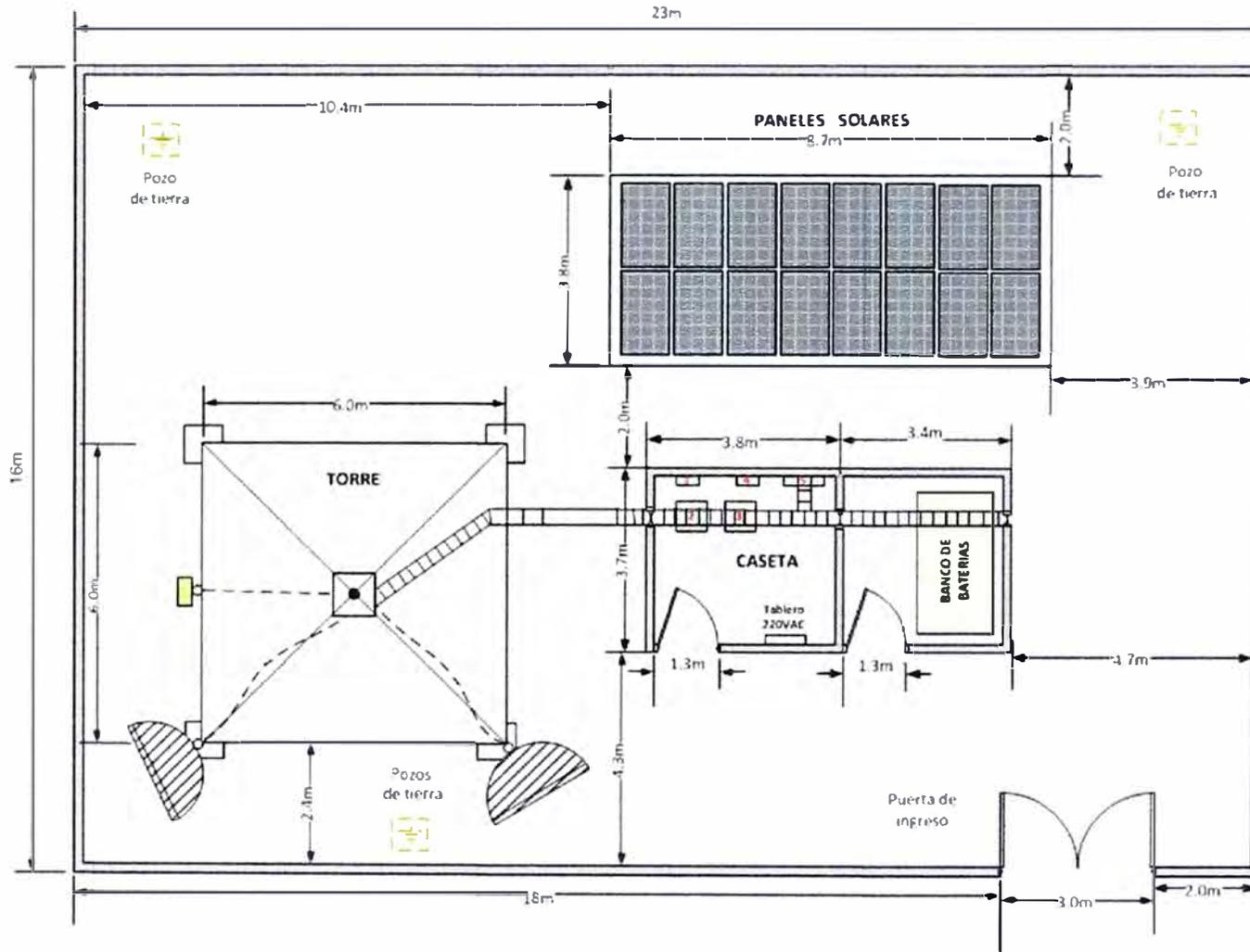
SITE LAYOUT: ESTACION TERMINAL - TRONCAL SDH



LEYENDA

- 1 DESHIDRATADOR
- 2 RADIO MICROONDAS
- 3 RACK 19"
- 4 TABLERO DE ENERGIA 48 VDC
- 5 TABLERO AC 220V
- ANTENA DE MICROONDA-TRONCAL
- ANTENA DE MICROONDA-ACCESO

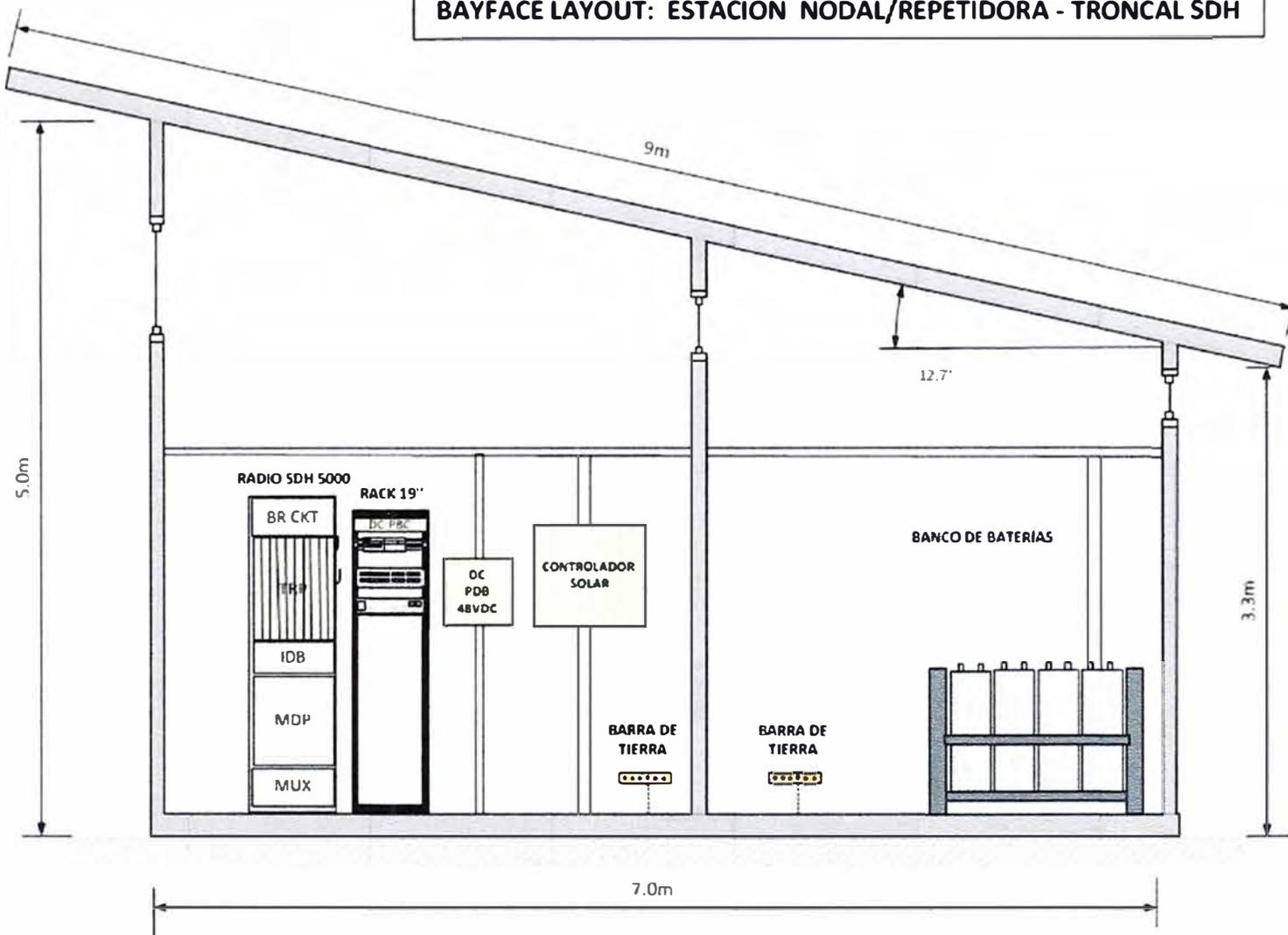
SITE LAYOUT: ESTACION REPETIDORA - TRONCAL SDH



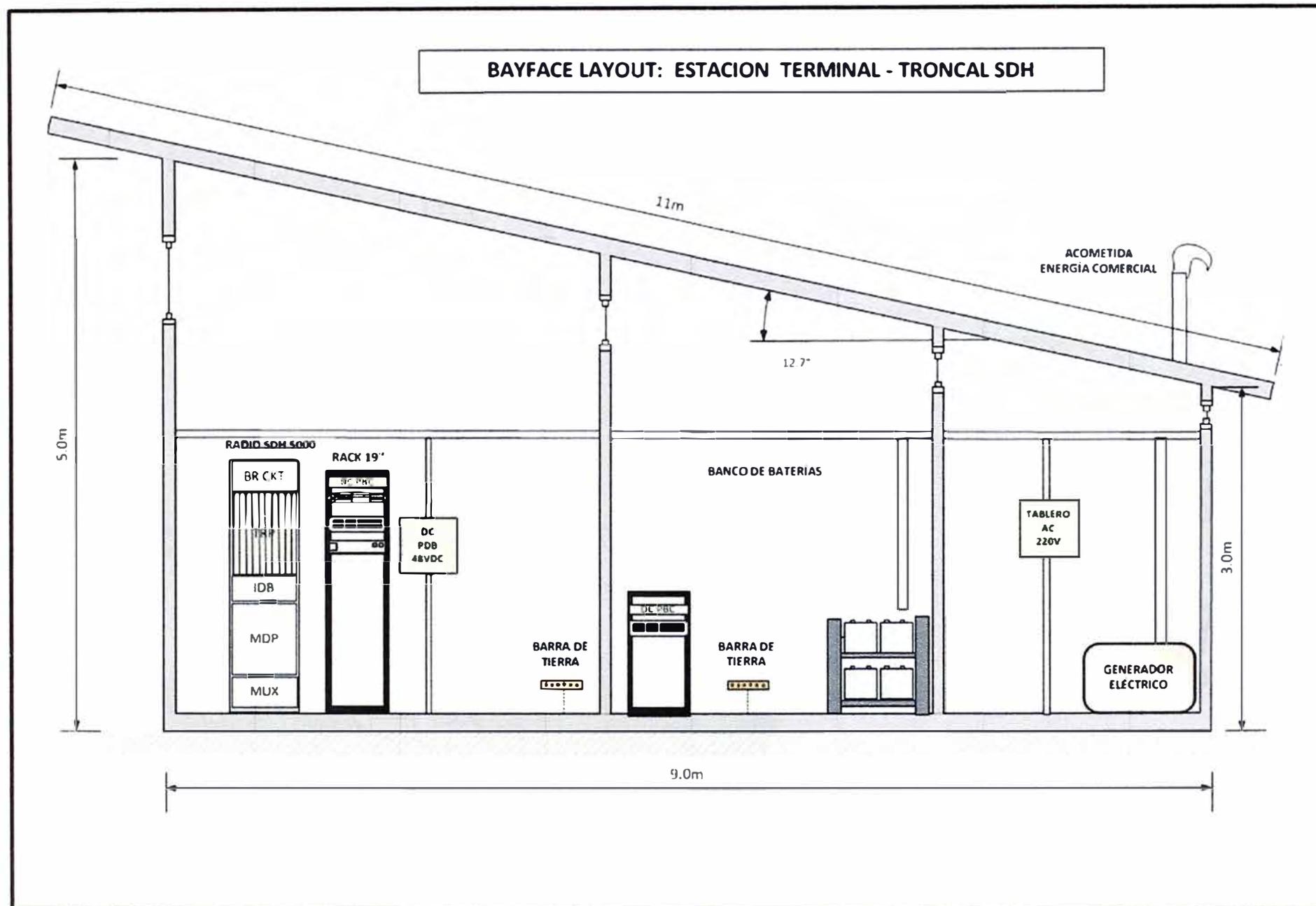
LEYENDA

-  DESHIDRATADOR
-  RADIO MICROONDAS
-  RAC < 19"
-  TABLERO DE ENERGIA 48 VDC
-  CONTROLADOR SOLAR
-  ANTENA DE MICROONDA-TRONCAL
-  ANTENA DE MICROONDA-ACCESO

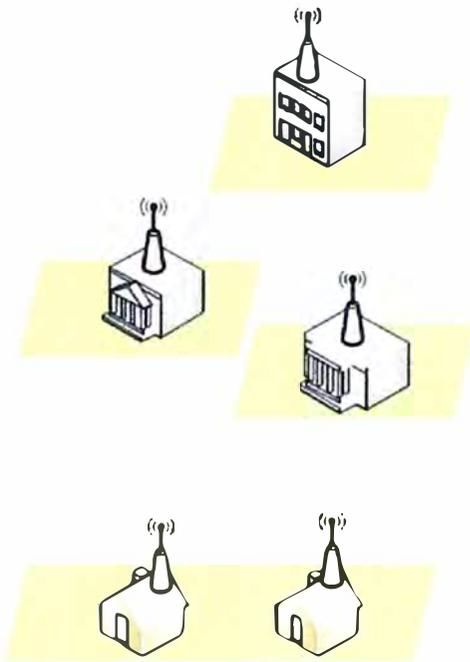
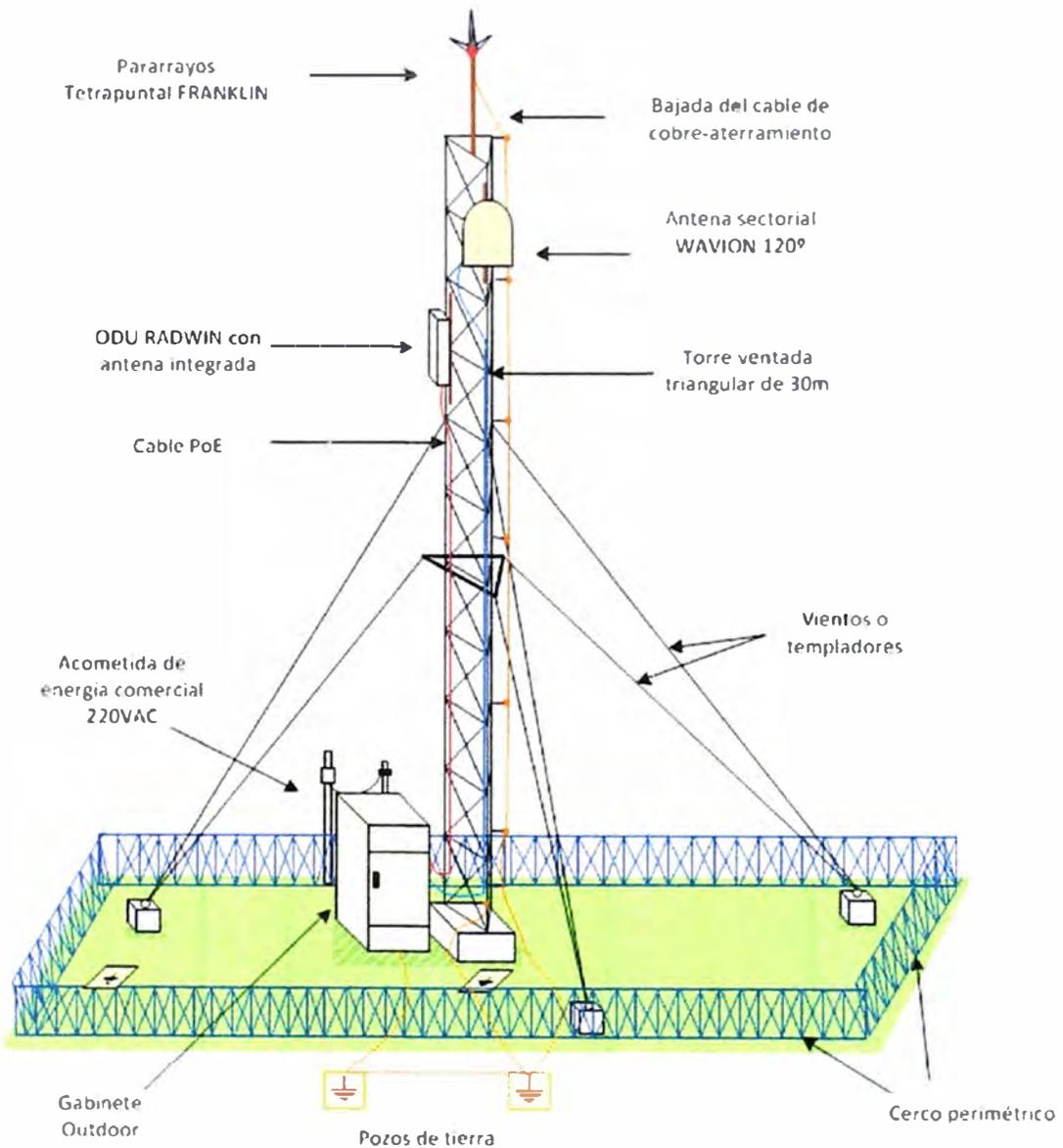
BAYFACE LAYOUT: ESTACION NODAL/REPETIDORA - TRONCAL SDH



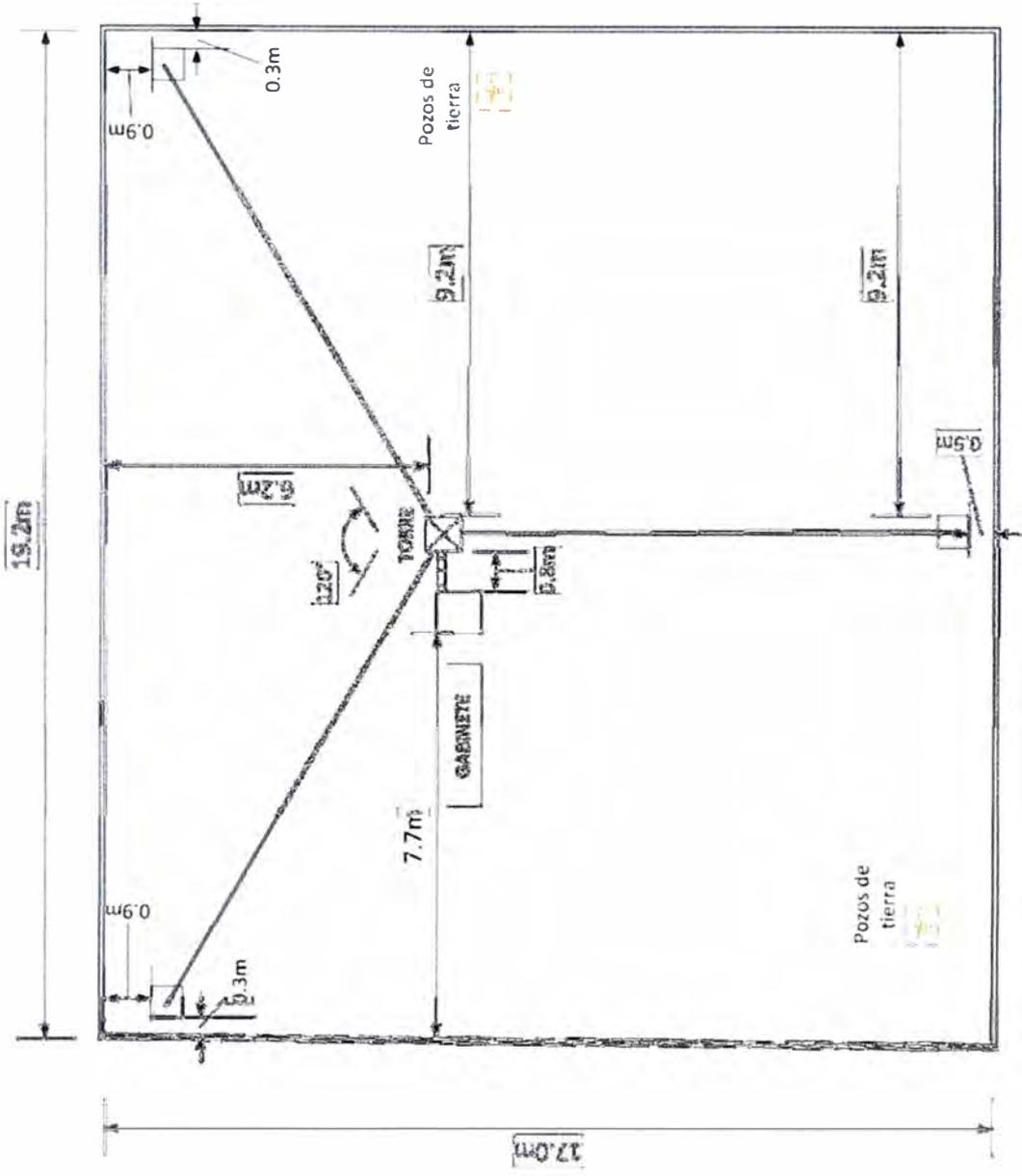
BAYFACE LAYOUT: ESTACION TERMINAL - TRONCAL SDH



ESTACIÓN BASE DE ACCESO



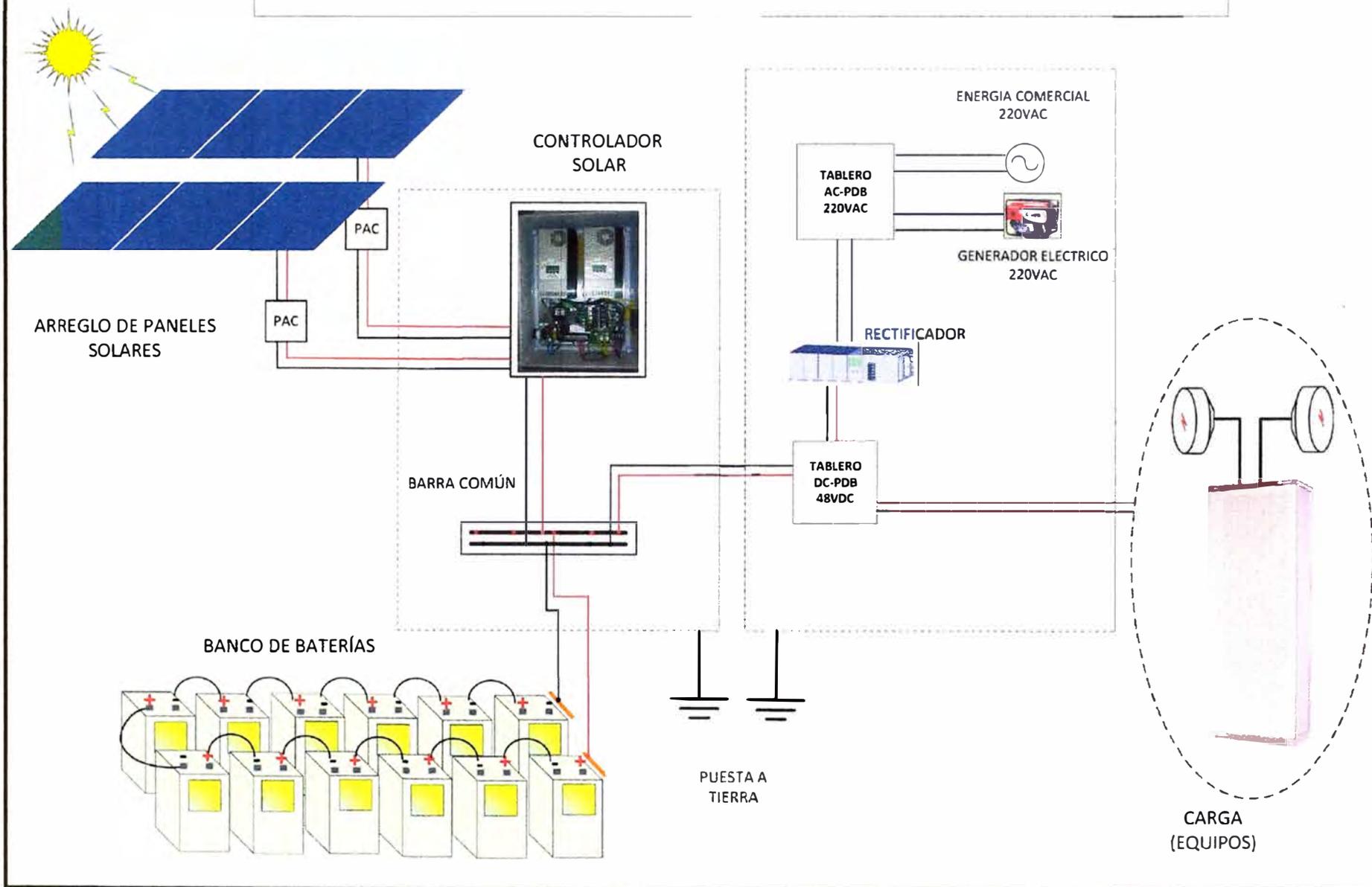
SITE LAYOUT ESTACION BASE DE ACCESO



ANEXO C

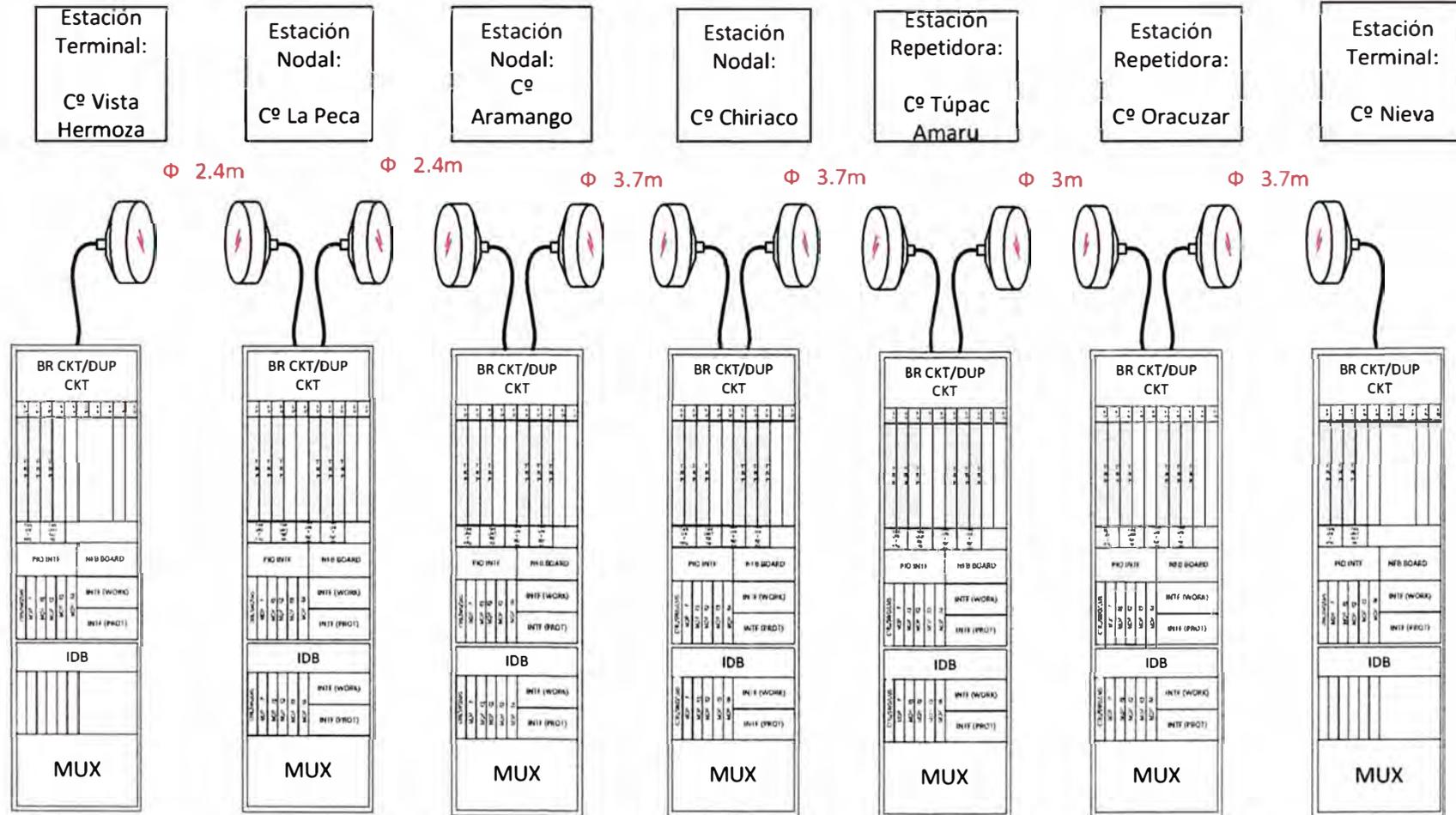
DIAGRAMA GENERAL DEL SUBSISTEMA DE ENERGÍA

DIAGRAMA DEL SUBSISTEMA DE ENERGÍA SOLAR/CONVENCIONAL



ANEXO D
DISTRIBUCIÓN DE LOS BASTIDORES SDH 5000

DISTRIBUCIÓN DE LAS TARJETAS EN LOS BASTIDORES DMR 5000S



ANEXO E
DIMENSIONAMIENTO DE ENERGIA SOLAR

HOJA DE CALCULO							
ESTACION LA PECA - CONTROL MPPT							
SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO TELECOMUNICACIONES				5 dias Autnom.			
Localidad : BAGUA-AMAZONAS				Sur 5°33'47.18" Oeste 78° 25' 25.15"			
Voltaje del Sistema :		48 Voltios		9.9 Amps x		24 Hrs	
Consumo total =		11,448.00 Wh/dia		477.00 Watts			
Consumo FV =		11,448 Wh/dia		9.94 Amps			
SISTEMA SOLAR:		100 %		Cargas:		Watts	
Cargas		Consumo (w)		Hrs/dia		Wh / dia	
CONSUMOS		477.00		24.00		11448.00	
Consumos		477.00		24			
Cons.Prom.		238.50 AH/DIA					
Corr.de carga		9.94 Amp.					
Horas de sol promedio		4.57					
				TOTAL Ah/dia		11448.00	
				CorrProm			
SISTEMA SELECCIONADO:				Watts Totales:		477.00 W	
PANELES				BATERIAS			
Angulo de inclinación		15 NORTE		Autonomia especificada (dias)		5	
Cantidad de paneles				para el consumo total			
Serie		3		Capacidad minima (AH) @ +25°C		1490.6	
Paralelo		5		Baterias seleccionadas		EXIDE	
Total		15		Modelo		Sonnenschein OPzV1695	
Corriente a potencia máx.		8.42		Voltios		2	
SW 270 Wp		270		Capacidad		Ah	
Potencia total		4050		Auton.result.		dias	
Corriente lado solar		42.1				5.6	
				Cantidad de baterias			
				Serie		24 u	
				Paralelo		1 strings	
				Total		24	
PERFORMANCE DEL SISTEMA							
Mes	Factor por Inclinación	Insol Horiz (kWh/m²)	INSOL. PANEL (kWh/m²)	Wh/DIA GENERADO 72.9%	Consumido (Wh/dia)	Fcobertura	SOC Final Diario
ENERO	0.923	4.75	4.38	12,944.28	11,448	113.1%	100.0%
FEBRERO	0.963	4.67	4.50	13,277.79	11,448	116.0%	100.0%
MARZO	0.993	4.36	4.33	12,782.57	11,448	111.7%	100.0%
ABRIL	1.045	4.28	4.47	13,205.13	11,448	115.3%	100.0%
MAYO	1.048	4.17	4.37	12,902.68	11,448	112.7%	100.0%
JUNIO	1.123	4.06	4.56	13,461.34	11,448	117.6%	100.0%
JULIO	1.113	4.58	5.10	15,050.23	11,448	131.5%	100.0%
AGOSTO	1.068	4.83	5.16	15,230.04	11,448	133.0%	100.0%
SETIEMBRE	1.015	4.72	4.79	14,144.60	11,448	123.6%	100.0%
OCTUBRE	0.963	4.72	4.55	13,419.95	11,448	117.2%	100.0%
NOVIEMBRE	0.923	4.89	4.51	13,325.79	11,448	116.4%	100.0%
DICIEMBRE	0.913	4.83	4.41	13,019.68	11,448	113.7%	100.0%
PROMEDIO		4.57	4.59				

HOJA DE CALCULO							
ESTACION ARAMANGO / CHIRIACO - CONTROL MPPT							
SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO TELECOMUNICACIONES				5 días Autonom.			
Localidad : BAGUA-AMAZONAS				Sur 5°24'39.70" Oeste 78° 23' 44.64"			
Voltaje del Sistema :		48 Voltios		9.2 Amps x 24		Hrs	
Consumo total =		10,608.00 Wh/dia		442.00 Watts			
Consumo FV =		10,608 Wh/dia		9.21 Amps			
SISTEMA SOLAR:		100 %		Cargas:	Watts	hrs/dia	Wh / dia
Cargas		Consumo (w)	Hrs/dia	CONSUMOS	442.00	24.00	10608.00
Consumos		442.00	24				
Cons.Prom.	221.00	AH/DIA					
Corr.de carga	9.21	Amp.					
Horas de sol promedio	4.57						
				TOTAL Ah/dia			10608.00
				CorrProm			
SISTEMA SELECCIONADO:				Watts Totales: 442.00 W			
PANELES				BATERIAS			
Angulo de inclinación	15 NORTE			Autonomia especificada (días) 5			
Cantidad de paneles				para el consumo total			
Serie	2			Capacidad minima (AH) @ +25°C 1381.3			
Paralelo	7			Baterias seleccionadas EXIDE			
Total	14			Modelo Sonnenschein OPzV1695 1658			
Corriente a potencia máx.	8.42			Volts 2			
SW 270 Wp	270			Capacidad Ah 1658			
Potencia total	3780			Auton.result. días 6.0			
Corriente lado solar	58.94			Cantidad de baterías			
				Serie 24 u			
				Paralelo 1 strings			
				Total 24			
PERFORMANCE DEL SISTEMA							
Mes	Factor por Inclinación	Insol Horiz (kWh/m²)	INSOL. PANEL (kWh/m²)	Wh/DIA GENERADO 72.9%	Consumido (Wh/dia)	Fcobertura	SOC Final Diario
ENERO	0.923	4.75	4.38	12,081.33	10,608	113.9%	100.0%
FEBRERO	0.963	4.67	4.50	12,392.60	10,608	116.8%	100.0%
MARZO	0.993	4.36	4.33	11,930.40	10,608	112.5%	100.0%
ABRIL	1.045	4.28	4.47	12,324.79	10,608	116.2%	100.0%
MAYO	1.048	4.17	4.37	12,042.50	10,608	113.5%	100.0%
JUNIO	1.123	4.06	4.56	12,563.92	10,608	118.4%	100.0%
JULIO	1.113	4.58	5.10	14,046.88	10,608	132.4%	100.0%
AGOSTO	1.068	4.83	5.16	14,214.70	10,608	134.0%	100.0%
SETIEMBRE	1.015	4.72	4.79	13,201.62	10,608	124.4%	100.0%
OCTUBRE	0.963	4.72	4.55	12,525.28	10,608	118.1%	100.0%
NOVIEMBRE	0.923	4.89	4.51	12,437.41	10,608	117.2%	100.0%
DICIEMBRE	0.913	4.83	4.41	12,151.71	10,608	114.6%	100.0%
PROMEDIO		4.57	4.59				

HOJA DE CALCULO							
ESTACION: TUPAC AMARU / ORACUZAR - CONTROL MPPT							
SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO TELECOMUNICACIONES				5 dias Autonom.			
Localidad : BAGUA-AMAZONAS				Sur 5°33'47.18" Oeste 78° 25' 25.15"			
Voltaje del Sistema :		48 Voltios		9.2 Amps x		24 Hrs	
Consumo total =		10,608.00 Wh/dia		442.00 Watts			
Consumo FV =		10,608 Wh/dia		9.21 Amps			
SISTEMA SOLAR:		100 %		Cargas:		Watts	
Cargas		Consumo (w)		Hrs/dia		Wh / dia	
Consumos		442.00		24		10608.00	
Cons.Prom. 221.00		AH/DIA					
Corr.de carga 9.21		Amp.					
Horas de sol promedio		4.57					
				TOTAL Ah/dia		10608.00	
				CorrProm			
SISTEMA SELECCIONADO:				Watts Totales:		442.00 W	
PANELES				BATERIAS			
Angulo de inclinación		15 NORTE		Autonomia especificada (dias)		5	
Cantidad de paneles				para el consumo total			
Serie		2		Capacidad minima (AH) @ +25°C		1381.3	
Paralelo		7		Baterias seleccionadas		EXIDE	
Total		14		Modelo Sonnenschein OPzV1695		1658	
Corriente a potencia máx.		8.42		Voltios		2	
SW 270 Wp		270		Capacidad		Ah	
Potencia total		3780		Auton.result. dias		6.0	
Corriente lado solar		58.94		Cantidad de baterias			
				Serie		24 u	
				Paralelo		1 strings	
				Total		24	
PERFORMANCE DEL SISTEMA							
Mes	Factor por Inclinación	Insol Horiz (kWh/m²)	INSOL. PANEL (kWh/m²)	Wh/DIA GENERADO 72.9%	Consumido (Wh/dia)	Fcobertura	SOC Final Diario
ENERO	0.923	4.75	4.38	12,081.33	10,608	113.9%	100.0%
FEBRERO	0.963	4.67	4.50	12,392.60	10,608	116.8%	100.0%
MARZO	0.993	4.36	4.33	11,930.40	10,608	112.5%	100.0%
ABRIL	1.045	4.28	4.47	12,324.79	10,608	116.2%	100.0%
MAYO	1.048	4.17	4.37	12,042.50	10,608	113.5%	100.0%
JUNIO	1.123	4.06	4.56	12,563.92	10,608	118.4%	100.0%
JULIO	1.113	4.58	5.10	14,046.88	10,608	132.4%	100.0%
AGOSTO	1.068	4.83	5.16	14,214.70	10,608	134.0%	100.0%
SETIEMBRE	1.015	4.72	4.79	13,201.62	10,608	124.4%	100.0%
OCTUBRE	0.963	4.72	4.55	12,525.28	10,608	118.1%	100.0%
NOVIEMBRE	0.923	4.89	4.51	12,437.41	10,608	117.2%	100.0%
DICIEMBRE	0.913	4.83	4.41	12,151.71	10,608	114.6%	100.0%
PROMEDIO		4.57	4.59				

Dimensionamiento del sistema de Rectificadores y Baterías

Estación: VISTA HERMOZA / NIEVA

Planta DC de Rectificador - Cargador de Baterías + Banco de Baterías

Definición Capacidad de Rectificador Cargador de Baterías:

Cargas: (w)	Amp	Amperios para Recargar baterías en 24 h, habiendo descargado el total	Capacidad Requerida del Rectificador Cargador (A)	Capacidad seleccionada (A)	Redundancia 1 + 1
441	9.188	5.25	14.44	1 x 20	2 x 20

Definición Capacidad de Banco de Baterías:

Cargas: (w)	Amp	10 horas Autonomía (AH)	Bateria Selecc.(AH)	Autonomía resultante (H)
441	9.188	114.84	137	11.93

TOTAL DE BATERIAS:

137 AH (12VDC)

4

BATERIAS EN SERIE

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Radio Wave Propagation for Telecommunication Applications”- H. Sizun-Springer.
- [2] “Microwave Engineering” - 4th Edition. David M. Pozar.
- [3] “Broadband Telecommunications Handbook”- 2nd Edition. Regis J. (Bud) Bates. McGraw-Hill Telecom Professional.
- [4] “Tecnologías de red de transporte de operadora”- Juan José Alcaraz Espín. Área de Ingeniería de Telemática (Universidad Politécnica de Cartagena, España).
- [5] “Radiación y Radiocomunicación”- Ingeniería de Telecomunicaciones - Juan Murillo Fuentes (Universidad de Sevilla, España).
- [6] “Transmisión por Radio”- José María Hernando Rabanos (Universidad Politécnica de Madrid, España).
- [7] “Sistemas de Microondas”- Ingeniería de Telecomunicaciones - Marcial Lopez Tafur (Universidad Nacional de Ingeniería-FIEE).
<http://aniak.uni.edu.pe/sdemicro/Additional%20Info.htm>
- [8] Comunicaciones Electrónicas, <http://unexpocom.wordpress.com/>
- [9] Rec. ITU-T G.703 (2001), “Características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas”.
- [10] Rec. ITU-R G.821, G.826 (2002), “Objetivos de calidad y disponibilidad”.
- [11] Rec. ITU-R F.384-10 (2007), “Asignación de canales de radiofrecuencia para sistemas inalámbricos fijos de media y alta capacidad operando en la banda alta de 6GHz” (6 425-7 125 MHz).
- [12] ANDREW - Power Tools, herramienta para planeamiento de sistemas de Telecomunicaciones, <http://awapps.commscope.com/downloads/powertools/default.aspx>
- [13] Servicios Públicos de Telecom III Trim. 2011-DGRAIC (Dirección General de Regulación y Asuntos Internacionales de Comunicaciones)-MTC.
- [14] Plan Nacional de Banda Ancha 2011-2016-MTC-Abril 2012.
- [15] Software PathLoss 4.0. Cálculo de perfiles de Radiopropagación y link Budgets.
- [16] INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática), <http://www.inei.gob.pe>

[17] IGN (Instituto Geográfico Nacional), mapas topográficos, <http://www.ign.gob.pe/>

[18] “Manual del Radio digital SDH 5000s”-NEC.

[19] MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones).

<http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/politicas/estadisticas/>

[20] INEI: Población estimada al 30 de junio, por años calendario y sexo, según departamento, provincia y distrito, 2012-2015.

<http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0842/index.htm>

[21] OSIPTEL, (Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones)

<http://www.osiptel.gob.pe/WebsiteAjax/WebFormgeneral/sector/VerEstadisticaInvestigacionesHOME.aspx>

[22] Municipalidad de Bagua, Amazonas. <http://munibagua.com/>

[23] Municipalidad de Condorcanqui, Amazonas. <http://www.municondorcanqui.gob.pe/>