

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA
INGENIERÍA MECÁNICA E INGENIERÍA DE MINAS**

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROING



ESTUDIO DE INGENIERÍA

**"OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN
ELÉCTRICA EN EQUIPOS DEL SISTEMA DE
COMUNICACIÓN VIA SATÉLITE DE LA POLICÍA
NACIONAL DEL PERÚ - CUSCO"**

Presentado por:

Br. JOSE PAUL HERRERA VELASCO

Br. WALDIR LUNA TUPAYACHI

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Electricista

ASESOR: M. Sc. Ing. WILBERT JULIO LOAIZA CUBA

CUSCO - 2009

A Dios, quien me dio la fuerza necesaria para salir siempre adelante pese a las dificultades que tuve en el camino y no dejarme caer nunca y seguir avanzando para lograr mis objetivos.

A mi madre Hortencia, por ser mi mejor guía, y a la memoria de mi hermana Doris y mi hijo Waldir Ángel, quienes no alcanzaron a ver estos resultados, pues partieron tempranamente de esta vida, pero siguen vivos en mi pensamiento.

A mi Esposa Maritza, a mis hijos Cesar Augusto y Anghella Anthuanet, para ellos con infinito amor, cariño y ser la razón de mi existir.

- oOo -

A mi ejemplo de esfuerzo y sacrificio, alegría y tristeza, firmeza y concesión, jocosidad y seriedad Doña Irma Velazco mi madre y a mi esposa Nancy e hijos, mi eterna felicidad.

INDICE

RESUMEN

MATRIZ DE CONSISTENCIA

CAPITULO I: GENERALIDADES.

1.1. Introducción.....	10
1.2. Planteamiento del Problema.....	11
1.2.1 Formulación del Problema.....	11
1.2.2 Justificación.....	11
1.2.3 Alcances.....	11
1.2.4 Limitaciones.....	12
1.3 Objetivos.....	12
1.3.1 Objetivo General.....	12
1.3.2 Objetivos Específicos.....	12
1.4 Marco Referencial	12
1.4.1 Antecedentes.....	12
1.4.2 Bases Teóricas.....	13
1.4.3 Hipótesis.....	13
1.4.3.1 Hipótesis Analítica.....	13
1.4.3.2 Hipótesis Sintética.....	14
1.4.3.3 Hipótesis Especifica.....	14
1.4.4 Variables e Indicadores.....	14
1.5 Metodología del Estudio	15
1.5.1 Tipo de Investigación.....	15
1.5.2 Diseño de Investigación	16
1.5.2.1 Definiciones Generales.....	16
1.5.3 Diseño Experimental.....	16
1.5.3.1 Características Principales.....	16

CAPITULO II: MARCO TEORICO

Parte I.- Sistema de Comunicación Vía Satélite

2.1 Introducción.....	18
2.2 Características Generales.....	19
2.2.1 Segmento Espacial	19
2.2.2 Segmento Terreno.....	19
2.2.3 Parámetros Orbitales.....	21
2.2.3.1 Satélites de Órbita Elíptica (Polar).....	21

2.2.3.2 Satélite de Órbita Circular (Geoestacionaria).....	21
2.2.3.3 Coberturas.....	22
2.2.4 Sistemas de Comunicaciones.....	24
2.2.5 Sistema Operativo de un Satélite.....	25
2.2.6 Condiciones de la Estación	26
2.2.7 Canales por Satélite y Comunicaciones de una Estación a otra.....	27
2.2.8 Antenas Terrestres para el Servicio Satelital	28
2.2.9 Operadores del Servicio Satelital	30
2.2.10 Ruido de la Antena.....	32
2.2.11 Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA).....	33
2.2.12 Acceso Múltiple por División de Tiempo (AMDT).....	34
2.3 Comunicaciones por Satélite.....	35
2.3.1 Ventajas de la Comunicación por Satélite.....	35
2.3.1.1 Invulnerabilidad.....	36
2.3.1.2 Flexibilidad.....	36
2.3.2 Limitaciones de las Comunicaciones por Satélite.....	37
2.3.3 Las Comunicaciones por Satélite del Futuro.....	37
2.3.4 Amplificador de Bajo Ruido (LNA).....	37
2.3.5 Convertidores.....	38
2.3.5.1 Conversor de Banda a Bajo Ruido (LNB).....	39
2.3.6 Enlace de la Red Satelital de Informática y Telecomunicaciones a Nivel Nacional.....	40
 PARTE II.- Protección en Baja Tensión	
2.4 Fallas Eléctricas y Consecuencias en Baja Tensión.....	41
2.4.1 Fallas Francas o Continuas	41
2.4.2 Fallas Impedantes o Resistivas.....	42
2.4.3 Fallas Intermitentes o Discontinuas	43
2.4.4 Causas y Apreciaciones de las Fallas	44
2.5 Las Puestas a Tierra de las Instalaciones en Baja Tensión	45
2.6 El Control del Peligro en las Instalaciones	47
2.6.1 Configuración de los Esquemas de Conexión a Tierra.....	48
2.6.2 Características de los Esquemas de Conexión.....	49
2.7 La Incidencia de Ondas Impulsionales.....	51
2.8 La Categorización de las Instalaciones.....	53
2.9 Protección contra Ondas de Tensión Impulsional.....	54

2.9.1 El Principio de Funcionamiento de la Protección.....	55
2.10 Protección contra Sobretensiones Impulsionales.....	56
2.11 Los Esquemas de Conexión a Tierra con Protección.....	57
2.11.1 Protección Secundaria en Esquema TT.....	58
2.11.2 Protección Secundaria en Esquema TN-S.....	59
2.11.3 Protección Secundaria en Esquema TN-C-S.....	60
2.11.4 Protección Secundaria en Esquema IT.....	60
2.11.5 Disposición de la Protección Secundaria.....	61
2.12 Diseño de la Sección de los conductores de los circuitos derivados.....	64
2.13 Calculo de Cortocircuito.....	64
2.14 Sistema de Puesta a Tierra.....	67
2.14.1 Sistema de Puesta a Tierra para Telecomunicaciones.....	67
2.14.2 Resistividad del Terreno.....	67
2.14.3 Método Wenner para la medición de Resistividad.....	68
2.15 Elementos de Supresión Transitorios.....	69
2.15.1 Limitadores.....	69
2.15.2 Protector contra Sobrecargas (Surge Protector).....	70
2.15.3 Protector Sobretensiones (Surge Arrestor).....	70
2.15.4 Lightning Arrestor.....	71
2.16 Sistema Protección Contra Descargas Atmosféricas.....	71
2.16.1 El Rayo y sus efectos.....	72
2.16.2 Causas de las Sobretensiones.....	72
2.16.3 Las Sobretensiones en los Equipos.....	72
2.16.4 Consecuencias de las Sobretensiones.....	73
2.16.5 Pararrayos.....	73
2.16.6 Tipos de Pararrayos.....	74
2.16.6.1 Punta Franklin.....	74
2.16.6.2 Pararrayos Ionizante.....	75
2.16.6.3 Jaula de Faraday.....	75
2.16.7 Las Descargas Atmosféricas.....	75

CAPITULO III: ANALISIS Y EVALUACION DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN VIA SATELITE

Parte I.- Equipos de Comunicación

3.1 Introducción.....	79
3.2 Configuración de la Red.....	79

3.2.1 Configuración del HUB (Estación central Lima).....	81
3.2.2 Configuración de la Estación Remota (Provincias).....	85
3.2.3 Interconexión con otras Redes	85
3.3 Equipamiento del HUB.....	87
3.3.1 Subsistema de Antena.....	88
3.3.2 Subsistema Klystron HPA.....	89
3.3.3 Subsistema LNA Redundante.....	92
3.3.4 Switch excitador (1+1) del HPA.....	94
3.3.5 Subsistema de Conversión de Subida	94
3.3.6 Subsistema de Conversión de Bajada	96
3.3.7 El Subsistema MODEM y el Subsistema de Multiplexación.	98
3.4 Análisis del Equipamiento de la Estación Remota Cusco.....	98
3.4.1 Subsistema de Modem.....	99
3.4.2 Subsistema de Multiplexación.....	103
3.4.3 Subsistema de Antena.....	105
3.4.4 Subsistema de Transceptor.....	108
3.4.5 Equipos de Cómputo.....	114
3.4.6 Equipos de Protección.....	114
3.5 Evaluación de Equipos de la Estación Remota Cusco.....	115
3.6 Análisis de Transmisión.....	117
3.7 Resumen de Análisis y Evaluación de la Red y los Equipos del Sistema Vía Satélite de la Estación Remota Cusco.....	121

PARTE II.- Análisis de Suministro de Energía Eléctrica

3.8 Condiciones del Suministro Eléctrico y Características de la Carga.....	123
3.8.1 Introducción.....	123
3.8.2 Punto de Alimentación.....	123
3.8.3 Caracterización de la Carga	124
3.8.4 Análisis de la Energía y Potencia	125
3.8.5 Calidad del Producto.....	127
3.8.5.1 Análisis del Perfil de Tensiones.....	127
3.8.5.2 Análisis de Armónicos de Tensión.	128
3.8.6 Calidad del Suministro	129
3.8.6.1 Interrupciones.....	129
3.8.7 Análisis de Corriente.....	129

CAPITULO IV: PROPUESTA DE OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE PROTECCION ELECTRICA	130
4.1 Introducción.....	
4.2 Análisis y evaluación del Sistema de puesta a tierra actual de la Estación remota del Sistema Vía Satélite de la PNP ubicado en la Plaza Túpac Amaru.....	130
4.2.1 Descripción y Evaluación de los Pozos a Tierra actual.....	131
4.2.2 Medición de la Resistencia de puesta a Tierra actual.....	132
4.2.3 Análisis Porcentual de la Humedad del suelo.....	132
4.2.4 Análisis del Grado de Acidez o Alcalinidad (pH).....	132
4.3 Diseño de un Nuevo Sistema de Puesta a Tierra.....	133
4.3.1 Análisis de Resistividad del Terreno en el Local de la X- DIRTEPOL PNP.....	135
4.3.2 Métodos para reducir la Resistencia de Puesta a Tierra Actual.....	135
4.3.3 Preparación de la Puesta a Tierra.....	135
4.3.3.1 Excavaciones.....	135
4.3.3.2 Tratamiento del Terreno para el llenado de Pozo a Tierra.....	136
4.3.3.3 Instalación y Conexiones.....	137
4.3.3.4 Acabados.....	137
4.3.3.5 Medición de la Resistencia de Puesta a Tierra.....	138
4.3.3.6 Conexionado.....	139
4.3.3.7 Inspección y Mantenimiento del Pozo a Tierra.....	139
4.3.3.8 Materiales a emplear para el Pozo de Puesta a Tierra.....	140
4.3.3.9 Herramientas y Equipos necesarios para la Puesta a Tierra.....	140
4.4 Aterramientos.....	140
4.4.1 Barra de Aterramiento.....	141
4.4.2 Aterramiento en Interiores.....	141
4.4.3 Aterramiento de los Racks.....	141
4.4.4 Aterramiento de Equipos.....	142
4.4.5 Aterramiento de los Equipos de RF, Antenas y Líneas de Transmisión.....	143
4.4.6 Aterramiento de la Torre (Base de la Antena).....	143
4.4.7 Anillo de Aterramiento.....	144
4.5 Sistema de Protección Contra Rayos.....	144
4.5.1 Un Captor (Pararrayos).....	145
4.5.2 Un Conductor Bajante.....	145
4.6 Campo de Protección de un Pararrayos Tipo Franklin.....	146
4.7 Sistema Exterior de Protección contra Descargas Atmosféricas.....	147

4.8	Ensamblaje e Instalación de un Sistema de Pararrayos.....	147
4.8.1	Ubicación de la Torre del Pararrayos.....	148
4.8.2	Materiales que conforman un Kit del Sistema de Pararrayos.....	148
4.8.3	Materiales adicionales para la construcción de la base del Pararrayos.....	149
4.8.4	Herramientas Necesarias para la Instalación del Sistema de Pararrayos.....	150
4.8.5	Construcción de la base de la Torre del Pararrayos y Anclajes.....	151
4.8.6	Ensamblaje de la Torre del Pararrayos.....	152
4.8.7	Condicionamiento del cable de bajada y Puesta a Tierra.....	157
4.9	Protección Contra los Efectos del Rayo.....	157
4.9.1	Protecciones Primarias.....	157
4.9.2	Protecciones Secundarias.....	157
4.9.3	Limitadores de Sobretensión.....	157
4.9.4	Selección del Limitador de Sobretensión.....	158
4.9.4.1	Características de las Cargas a ser Protegidas.....	158
4.9.4.2	Características del Lugar.....	159
4.9.4.3	Esquema de conexión a tierra o sistema de distribución.....	162
4.10	Protección Contra Sobre Corrientes.....	162
4.10.1	Protección Contra Sobrecarga.....	163
4.10.2	Protección Contra Cortocircuito.....	164
4.11	Protección Contra Falla a Tierra.....	164
4.11.1	Contacto Directo.....	165
4.11.2	Contacto Indirecto.....	165
4.11.3	Características de los Equipos de Protección Contra Fallas a Tierra.....	

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

- Anexo 1** : Cálculos Eléctricos para la sala de Equipos
- Anexo 2** : Tramo de la línea de energía eléctrica en media tensión (10.5 KV) que suministra Energía Eléctrica desde el alimentador de Dolorespata hasta la Sub Estación de distribución Nro. 0010176.
- Anexo 3** : Tramo de la línea de energía eléctrica en baja tensión (220 V) que suministra Energía Eléctrica desde la Sub Estación de Distribución Nro. 0010176 hasta local de la X-DIRTEPOL PNP – CUSCO.

RESUMEN

La experiencia en la operación de los equipos del sistema de comunicación vía satélite así como de los equipos existentes en este entorno, ha permitido conocer el origen de las interferencias y/o fallas.

En este contexto en el presente trabajo, se plantea el mejoramiento del sistema de protección para los equipos conformantes de la comunicación vía satélite de la Policía Nacional del Perú sede Cusco, y de este modo evitar los efectos de las descargas atmosféricas, y los disturbios ocasionados por las redes de energía eléctrica debido a la conmutación de sistemas y grandes cargas inductivas.

El objetivo general del trabajo es Mejorar el Sistema de Protección para los equipos de comunicación de tal modo que se reduzca fundamentalmente la posibilidad de que aparezcan tensiones importantes entre elementos metálicos adyacentes con un adecuado sistema de puesta a tierra y coordinado con otros elementos de protección como los protectores, descargadores, dispositivos activos de supresión de transitorios, en todo lo que este referido a cables, conexiones y posibles vías de ingreso de transitorios que puedan provocar daños en forma parcial o total a los equipos.

Los objetivos específicos que permitirán alcanzar un mejor nivel de protección son: la evaluación de los equipos del sistema vía satélite, el bosquejo del sistema de protección y comprobar la operatividad de los equipos para una adecuada fluidez en la transmisión de las señales satelitales.

En el primer capítulo se da a conocer la parte de generalidades, planteamiento del problema y objetivos; en el segundo capítulo se describe el marco teórico y metodología; en el tercer capítulo se hace una evaluación del sistema de protección existente; en el cuarto capítulo se plantea el mejoramiento del sistema de protección con una breve introducción teórica de los sistemas de protección y finalmente se termina con las conclusiones y recomendaciones.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA: "OPTIMIZACION DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION ELECTRICA EN EQUIPOS DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES VIA SATELITE DE LA POLICIA NACIONAL DEL PERU – CUSCO".

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES
<p>Formulación del problema ¿De qué manera el mejoramiento de los Sistema de protección eléctrica favorece el buen funcionamiento de los equipos de comunicación vía satélite evitando en lo posible la presencia de diferencias de potencial que puedan causar daños y una inadecuada transmisión de las comunicaciones de voz y data?</p>	<p>Objetivo General Conocer si el estudio para el mejoramiento de la protección eléctrica de los equipos de comunicación vía satélite, permitirá el buen funcionamiento de estos.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analizar y evaluar los equipos de protección del sistema de comunicaciones de la PNP - Verificar la calidad de suministro de energía eléctrica. - Revisar y analizar el sistema de puesta a tierra actual. - Mejorar el sistema de puesta a tierra - Esbozar la protección eléctrica para los equipos del sistema de comunicaciones de la PNP 	<p>Hipótesis General Si el mejoramiento de la protección se lleva a cabo de forma íntegra y coherente, entonces influye favorablemente en el buen funcionamiento de los equipos de comunicación y por tanto la transmisión y recepción de señal será recomendable.</p> <p>Hipótesis Específicas El estudio adecuado de la protección eléctrica de los equipos de comunicación contribuirá en el ahorro de gastos por reparación y mantenimiento. La adecuada protección permitirá la fluidez de la transmisión de las señales de voz y data.</p>	<p>Variable Independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Corriente eléctrica - Diferencia de potencial <p>Variable Dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Potencia Eléctrica - Resistividad del terreno <p>Variable Interviniente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Corriente de medición Nivel Isoseraurico
INDICADORES	METODOLOGIA	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES
<ul style="list-style-type: none"> - Medida de la resistividad del suelo - Intensidad de las corrientes de falla - Puestas a tierra - Estado de las puestas a tierra 	<p>1. Tipo de Investigación El presente estudio reúne las condiciones suficientes para ser considerado como una investigación aplicada en razón que para su desarrollo en la parte teórica conceptual se apoyara en conocimientos sobre protección eléctrica a fin de ser aplicados a los equipos del sistema de comunicaciones de la PNP Cusco.</p> <p>2. Nivel de Investigación Será descriptiva, luego explicativa y finalmente correlacionada.</p> <p>3. Metodología de la Investigación El presente estudio dado la naturaleza de las variables materia de investigación, responde al de una investigación por objetivos.</p> <p>4. Diseño de la Investigación El presente estudio responde al de una investigación experimental: cuasi-experimental</p>	<p>1. El estudio presentado, conforme a la formulación del problema para el mejoramiento de los sistemas de protección eléctrica, sí favorecerá al buen funcionamiento de los equipos de comunicación, evitando las distorsiones en la transmisión y recepción de las señales ocasionadas por las diferencias de potencial.</p> <p>2. Los problemas en el suministro de energía eléctrica y los fenómenos atmosféricos son las causas principales que afectan y dañan a los equipos de comunicaciones vía satélite de la PNP, por tanto deben protegerse contra cualquier perturbación eléctrica.</p> <p>3. La instalación de un nuevo sistema de protección eléctrica, contra sobretensiones, serán direccionados a un eficiente pozo a tierra, la misma que garantizará una adecuada y permanente operatividad de los equipos.</p>	<p>1. Por precaución y medidas de seguridad no se deben efectuar mediciones de puesta a tierra en condiciones atmosféricas desfavorables, es recomendable realizar en épocas apropiadas; en la sierra en estiaje y en la costa en verano.</p> <p>2. Se recomienda tomar como base, el presente estudio de protección eléctrica de la estación remota sede Cusco, para las demás estaciones remotas ubicadas al interior del país, principalmente para las zonas de sierra y selva.</p> <p>3. Se recomienda continuar con los estudios de investigación.</p>

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN.

Las comunicaciones Vía Satélite han alcanzado en la actualidad una etapa muy interesante en su desarrollo tecnológico, los mismos que son capaces de proveer servicios de comunicaciones virtualmente a cualquier parte del mundo, estableciendo enlaces con lugares muy alejados o que inicialmente eran inaccesibles, y la cantidad y variedad de información que transmiten y reciben es sorprendente; ninguna otra tecnología incluyendo la fibra óptica puede conseguir este objetivo y ninguno puede lograr la promesa de universalidad geográfica.

La Policía Nacional del Perú, para brindar de mejor manera su servicio a la comunidad en su conjunto, requiere mejorar su actual Sistema de Comunicaciones Vía Satélite, cuya infraestructura fue adquirida en dos etapas en el año 1994 y 1997, operando con los servicios de Voz interconectadas con una central privada NEC y Data para los servicios de Correo Electrónico, Transmisión de imágenes estáticas y acceso a la base de datos de la PNP (Sistema de Requisitorias y Antecedentes Policiales), este servicio cuenta con Veinte (20) estaciones remotas en provincias y una estación central (HUB) en Lima, los mismos que a la fecha requieren Optimizar con nuevas tecnologías de punta, así como también requieren mejorar su sistema de protección Eléctrica de sus Equipos, dichos aparatos son altamente sensibles a los cambios de suministro de energía eléctrica y cambios climáticos, y como consecuencia natural afectan ostensiblemente en la transmisión de la señal y otras veces dañando a los costosos equipos de Comunicación Vía Satélite.

En la actualidad la ciencia y la tecnología han avanzado muy rápidamente en este campo, por lo que existen nuevas tecnologías que posibiliten ampliar con mayores servicios que satisfagan estrictas condiciones de fiabilidad, seguridad y rentabilidad, posibilitando una mejor y más rápida cobertura de los sistemas de información de la Policía Nacional del Perú para el beneficio de la comunidad.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Formulación del Problema

Los equipos del sistema de comunicación vía satélite de la Policía Nacional del Perú Sede Cusco, operan con voltajes muy bajos y altas frecuencias y una pequeña diferencia de potencial entre sus partes causan serios problemas en el funcionamiento del equipamiento y como consecuencia una inadecuada transmisión de las comunicaciones de voz y data.

1.2.2 Justificación

El presente estudio tiene especial importancia y justificación debido a que se realizará un estudio para el mejoramiento del sistema de protección y de esta manera proteger durante su funcionamiento a los equipos conformantes del sistema de comunicaciones, al conjunto de los otros equipos presentes así como también evitar daños peligrosos al personal y de esta manera asegurar la continuidad eléctrica y la capacidad de conducir cualquier corriente anómala que pueda presentarse.

El planteamiento consiste en delinear las protecciones para asegurar que una conexión de baja impedancia a tierra y de empalme equipotencial entre el equipo de telefonía y de data este presente de lo contrario puede resultar en la aparición de diferencias de potencial peligrosas.

1.2.3 Alcances

El presente estudio pretende alcanzar un nivel de comunicación óptima, protegiendo los costosos equipos de comunicación vía satélite, de las sobrecarga y cortes intempestivos de la energía eléctrica, así como las variaciones climatológicas que afectan ostensiblemente en la sensibilidad de los equipos de comunicación, provocando interferencias en la transmisión de las señales.

1.2.4 Limitaciones

Como indica el nombre del presente trabajo, solo se encontrará la parte de protección eléctrica en baja tensión y corriente débil para los equipos del sistema de comunicación, más no así la protección para dispositivos electrónicos internos de los equipos y la protección del software (encriptaciones).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Realizar un estudio adecuado para mejorar el Sistema de Protección Eléctrica de los equipos de comunicaciones vía satélite de la Policía Nacional del Perú - sede Cusco.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar y evaluar los Equipos de protección del Sistema de comunicaciones Vía Satélite de la estación remota de la ciudad del Cusco.
- Verificar la calidad de suministro de energía eléctrica.
- Analizar y Evaluar el sistema de puesta a tierra actual.
- Analizar la resistividad del terreno y mejorar el sistema de puesta a tierra.
- Esbozar la protección eléctrica con dispositivos de protección secundaria para los equipos del sistema de comunicaciones de la estación remota de la PNP.

1.4 MARCO REFERENCIAL

1.4.1 Antecedentes

El desarrollo de las comunicaciones ha permitido que se instalen modernos sistemas de comunicaciones vía satélite que permite la comunicación de voz y data que cuentan con sistemas de protección que no funcionan adecuadamente ya sea porque no cuentan con un diseño, o porque el diseño es incompleto o inadecuado.

El Sistema de comunicación vía satélite de la Policía Nacional del Perú, no cuenta con un adecuado sistema de protección especialmente contra los efectos de las descargas atmosféricas, sobrecargas y cortes intempestivos de la energía eléctrica que afectan la sensibilidad de los equipos de comunicación.

Los sistemas de comunicaciones están consideradas como sistemas de corriente débil, y dentro de éstas, en la actualidad se vienen instalando o implementando muchos sistemas de corriente débil, por lo que el presente estudio aportará a dichos sistemas dentro de sus respectivos proyectos.

1.4.2 Bases Teóricas

Para el desarrollo del presente trabajo se tendrá como conocimiento principal lo referente a un Sistema de Comunicación Vía Satélite y a la protección en baja tensión y podemos decir, los niveles de protección siguientes:

Puesta a tierra,

Instalación eléctrica independiente,

Línea eléctrica protegida mediante un transformador de Aislamiento.

Supresor de picos,

Línea eléctrica regulada y línea eléctrica son sistema de alimentación ininterrumpida.

1.4.3 Hipótesis

1.4.3.1 Hipótesis Analítica

“Si el mejoramiento de la protección para equipos del sistema de comunicación vía satélite de la PNP, a partir de un adecuado sistema de puesta a tierra, se lleva a cabo en forma integral y coherente, entonces influye favorablemente en el buen funcionamiento de los equipos de comunicación y por tanto la transmisión y recepción será la recomendable”.

1.4.3.2 Hipótesis Sintética

“El mejoramiento de la protección para equipos del sistema de comunicación vía satélite de la PNP, a partir de un adecuado esbozo del sistema de puesta a tierra influye favorablemente en el buen funcionamiento de los equipos y por tanto la transmisión y recepción será la apropiada”.

1.4.3.3 Hipótesis Específicas

- a) El estudio adecuado de protección eléctrica de los equipos del sistema comunicaciones Vía Satélite de la Policía Nacional del Perú, contribuirá en el ahorro de gastos en los servicios de mantenimiento y reparación de estos costosísimos equipos.
- b) Una adecuada protección eléctrica garantizara la fluidez de la transmisión de las señales de voz y data, sin interrupciones.
- c) Los fenómenos naturales (rayos y cambios climáticos) afectan ostensiblemente a los equipos y a la transmisión y recepción de las señales.
- d) El suministro eléctrico a la estación remota del sistema vía satélite Cusco, se encuentra contaminado con corrientes parasitas, efectos capacitivos, corrientes de fuga, etc., los mismos que quedaran limpiados y depurados con un sistema de puesta a tierra, antes de entrar a las instalaciones.

1.4.4 Variables e Indicadores

Variables Independientes

- Corriente Eléctrica
- Diferencia de Potencial
- Distancia de las sondas

Variables Dependientes

- Potencia Eléctrica

- Resistividad del terreno

Indicadores

- Intensidad de corriente de falla a tierra.
- Puestas a Tierra.
- Estado de las Puestas a Tierra existentes.

1.5 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

1.5.1 Tipo de Investigación

En la etapa de búsqueda del tema de investigación, es importante interrogarse acerca de la naturaleza y los propósitos de la investigación a desarrollarse, de tal manera que nos lleve a asignarle un carácter o tipo a dicho estudio.

En razón de los propósitos de la investigación y de la naturaleza de los problemas que podemos localizar, se identifican dos clasificaciones; por un lado: La investigación básica y la investigación aplicada; y por el otro lado la investigación sustantiva y la investigación tecnológica.

Si bien ambas clasificaciones pueden estar íntimamente relacionadas, y que en un momento pudiéramos considerarlas análogas, sin embargo un análisis detallado nos lleva a reconocer y distinguir esta doble clasificación, pudiendo el investigador, hacer uso de cualquiera de ellas.

De este modo la investigación que se realizará será netamente aplicada y descriptiva que es una clasificación de la investigación sustantiva.

Investigación Descriptiva.- Está orientada al conocimiento de la realidad tal como se presenta en una situación espacio-temporal dada. Responde las interrogantes:

- ¿Cómo es o como se presenta el fenómeno X?
- ¿Cuáles son las características del fenómeno X?

1.5.2 Diseño de Investigación

1.5.2.1 Definiciones Generales

El diseño de la investigación constituye la elaboración del plan metodológico del estudio, es decir, la determinación y organización de las estrategias y procedimientos que permitirán la obtención de datos, sus procesamiento, análisis e interpretación, con el objetivo de dar respuesta a los problemas planteados.

En la investigación científica se distingue entre diseños experimentales y no experimentales.

El diseño experimental es aquel que se centra en la verificación de las hipótesis a través de la manipulación deliberada de variables, por parte del investigador, en una situación controlada de sus elementos principales. Los diseños no experimentales se basan en la obtención de información, tal como se manifiestan las variables en la realidad sin influencia del investigador en su comportamiento. En este caso se toma un diseño experimental.

1.5.3 Diseño Experimental

1.5.3.1 Características Principales

El experimento es un estudio en el que se manipulan deliberadamente una o más variables independientes, con el objeto de analizar su efecto sobre otras (dependientes), es decir, la determinación la determinación de causa y efecto en el marco de una situación controlada de sus elementos principales. El diseño experimental se basa en el esquema lógico elaborado por John Stuart Mill, que puede ser ilustrado de la siguiente forma.

$$\begin{array}{l} X \quad \text{-----} \rightarrow \quad +Y \\ Y \quad \text{-----} \rightarrow \quad -Z \end{array}$$

Analizando los elementos que componen X e Y, se encuentra que:

$$X = A B C \quad \text{---} \rightarrow \quad +Z$$

$$Y = A B C \quad \text{---}\rightarrow \quad -Z$$

(Cuando aparece X, aparece Z)

(Cuando aparece Y, no aparece Z)

Ello significa que entre X e Y existen elementos de semejanza (A, B) y también de diferencia (C,-C). Como quiera que los resultados observados se encuentran asociados a la ausencia o presencia, intensidad o modalidad de este elemento diferenciante, se puede concluir que C es la causa de Z.

De acuerdo a este esquema, en el experimento se crean dos grupos que resultan iguales en sus características relevantes, y posteriormente se diferencian mediante la introducción en uno de ellos del estímulo o variable independiente, siguiendo la lógica de que si se observan diferentes resultados (valores diferentes de la variable dependiente), estos se derivan en dicho estímulo.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

PARTE I.- SISTEMA DE COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE

2.1 INTRODUCCIÓN

Los Sistemas por Satélite son una creación relativamente nueva en la historia de las comunicaciones, puesto que para su uso hubo que esperar a la entrada en la era espacial, a finales de la década de los 50. Los sistemas por satélite dependen mucho de la tecnología, incluidos cohetes, mecánica espacial, electrónica de estado sólido, radiación y electrónica de alta frecuencia y las modernas redes de comunicación. Alguno de los problemas que deben resolverse para garantizar el éxito de un sistema por satélite puede entenderse examinando las características básicas de dicho sistema.

Para su uso en comunicaciones, un satélite puede definirse como un vehículo fabricado por el hombre que da vueltas alrededor de la tierra. Así pues, un sistema de comunicación por satélite es el que utiliza vehículos en órbita para transmitir radio comunicaciones entre estaciones terminales terrestres. Hay Dos tipos de satélites de comunicación: Pasivos y Activos. Un satélite pasivo simplemente refleja señales de radio de vuelta a la tierra. Un satélite Activo actúa como un repetidor, es decir amplifica las señales recibidas y después las transmite de vuelta a la tierra. Así pues un satélite activo proporciona una señal mucho más fuerte en el Terminal de recepción que un satélite pasivo.

El concepto básico de un sistema de comunicación por satélite presenta varios tipos de estaciones terrestres.

Antes de continuar nuestro estudio, vamos a considerar un punto que merece la pena recordar: antes de que las comunicaciones por satélite puedan tener lugar con éxito entre dos estaciones terrestres el satélite de comunicación debe estar dentro del plano de visión de ambos terminales, el de transmisión y recepción. Este concepto se conoce como ventana de visibilidad mutua de las estaciones terrestre depende en gran medida de la configuración orbital de satélite. Básicamente todos los satélites de comunicación dan vueltas alrededor de la tierra en una orbital elíptica o circular.

2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES.

2.2.1 Segmento Espacial

El segmento espacial en un sistema de comunicación por satélite está formado por:

El Satélite, es el núcleo de la red, realiza la función de repetidora ya que recibe la información de la estación terrena, la amplifica y la retransmite hacia otras latitudes. Su diseño es complejo en cuanto a materiales y estructuras pues se debe tener en cuenta condiciones adversas de funcionamiento como: Esfuerzos estáticos y dinámicos durante el lanzamiento y en órbita. Cambios de temperatura de 60 °C (frio espacial) a 100 °C (radiación solar)

El material comúnmente usado es grafito-epxy, por su bajo peso, alta rigidez y baja expansión térmica. También suele usarse el berilio pero es cinco veces más caro.

2.2.2 Segmento Terreno

El segmento terreno lo forman las estaciones terrenas y los tramos de enlace hasta la fuente de la señal transmitida o usuario de la señal recibida.

Se distinguen los elementos:

- Antenas transmisora y receptora
- Pre amplificador de bajo ruido (para recepción) de potencia (para transmisión)
- Equipos de modulación y control
- Equipos de alimentación

La principal función de la estación terrena es la de adecuación de las señales en potencia y frecuencia para su transmisión al satélite. Normalmente recibe la señal en banda base (MDT, MDF o señal de video). Se modula en FI se traslada a la frecuencia de la portadora. Básicamente su diseño es el mismo que para cualquier radio enlace.

Cuadro 2.1 Bandas de Frecuencia

BANDA DE FRECUENCIA (MHz)			Utilización Típica
Denominación actual	Trayecto ascendente (anchura de banda)	Trayecto descendente (anchura de banda)	
6/4 GHz. (Banda C)	5.925 - 6.425 (500 MHz)	0.7 - 4.2 (500 MHz)	Por el momento es la banda mas utilizada ampliamente Intelsat (IVA, VA, VA(185), VI): Satelites nacionales: Vastar, Sattoa y Constant (USA). Anik (Canada). STU y Chinansat (China) Palape (Indonesia), Talacos I (Francia), CS-2 (Japon)
	5.725 - 6.275 (550 MHz)	3.4 - 3.9 (500 MHz)	INTERSPUKNIK (Statilonar) URSS (Molnya 1 (Statilonar))
	5.850 - 7.075 (1225 MHz)	0.4 - 4.2 4.5 - 4.8 (1100 MHz)	Bandas ampliadas atribuidas por la CAMR - 79
	6.425 - 7.075 (300 MHz)	4.5 - 4.8 (300 MHz)	300 MHz de anchura de banda para los enlaces tierra - espacio y viceversa se han dejado aparte para la planificación de atribuciones por la CAMR-ORB-15, a completar CAMR -ORB - 48
8/7 GHz (Banda X)	7.925 - 6.425 (500 MHz)	7.25 - 7.75 (500 MHz)	Satélites de telecomunicaciones gubernamentales y militares.
13/11 GHz (Banda Ku)	12.755 - 13.25 (500 MHz)	10.7 - 11.7 (1000 MHz)	Bandas ampliadas atribuidas por la CAMR - 79
13/11 GHz (Banda Ku)	12.755 - 13.25 (500 MHz)	10.7 - 10.95 y 11.2 - 11.45 (500 MHz)	Se han reservado 500 MHz de anchura de banda para los enlaces tierra - espacio y viceversa para la planificación de atribuciones por la CAMR ORBI85 a completar por la CAMR 088-88
14/11 GHz (Banda Ku)	14 - 14.5 (500 MHz)	10.92 - 11.2 y 11.41 - 11.7 (500 MHz)	Intelsat V, VA, VA(IBS), VI. Intelsat I, II(OBS/ICS) URSS (Loutch)
14/11 GHz (Banda Ku)	14 - 14.5 14.14.25 (500 MHz)	11.7 - 12.2 12.5 - 12.75 (500 MHz)	IntelsatVA(IBS), Intelsat I, II(SMS). Satélites nacionales Ansk-8 y C(Canada), SBS Constat(USA), Telecom I (Francia), DBS Kopainlkus(RIA)
18/12 GHz	17.3 - 18.1 (800MHz)	Bandas del SRS	Enlace de conexión para el SRS
30/20 GHz (Banda ku)	27.5 - 31 (3500 MHz)	17.7 - 21.2 (3500 MHz)	Diversos proyectos en estudio (Europa USA, Japón)

Fuente: Archivo PNP

2.2.3 Parámetros Orbitales

Existen básicamente dos tipos de orbitas en los satélites de comunicaciones:

2.2.3.1 Satélites de Órbita Elíptica (Polar)

El plano de la órbita forma un ángulo $> 0^\circ$ respecto al plano del Ecuador típicamente 90° y por lo tanto presenta una periodicidad respecto a un punto de la superficie de la tierra de 24 Hrs. Actualmente se encuentran funcionando gran cantidad de satélites en estas orbitas: varios satélites meteorológicos, el sistema GPS con 18 satélites que permite obtener las coordenadas (latitud, longitud, altura) de cualquier modulo (Avión, barcos, Coches), en todo momento y por lo tanto muy útil para la radio navegación los satélites del sistema Inter spuknik, etc.

2.2.3.2 Satélite de Órbita Circular (Geoestacionaria).

Un satélite es Geoestacionario si la velocidad de este se ajusta a la velocidad de rotación de la tierra en forma síncrona sobre el Ecuador: Para lograr que este satélite se mantenga en una posición es necesario situarlo a una altura de 36, 000 Km de la tierra, esta distancia va a exigir grandes potencias de transmisión que junto a la restringida alimentación en los satélites van hacer necesarios grandes antenas receptoras, que como se verá más adelante requieren muy buena precisión de apuntamiento debido a su gran directividad, de este modo se pueden fijar las posiciones de las antenas de las estaciones terrenas, ya que no tienen que rastrear un objeto móvil en el espacio. La mayoría de los satélites de comunicaciones se encuentra en este tipo de orbita.

Un satélite se mantiene en su órbita geoestacionaria polar debido a un equilibrio de fuerzas:

Fuerza centrífuga igual a la fuerza de gravedad.

Existen varias causas que perturban una órbita geoestacionaria y hacen necesario el uso de técnicas estabilizadoras entre ellas podemos destacar: La asimetría de la tierra, atracción de la luna y la atracción del sol.

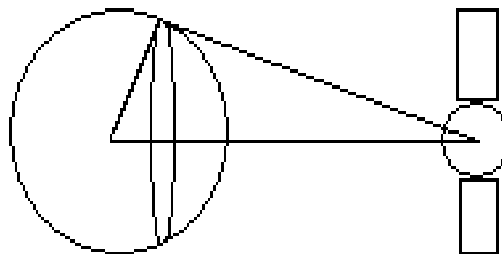
Es necesario el control de la posesión del satélite, para corregir periódicamente estos desajustes orbitales. De ello depende que el haz de radiofrecuencia apunte hacia las zonas previstas y se garantice un servicio.

2.2.3.3 Coberturas

Cobertura es el lugar geométrico donde se mantiene un campo E_0 es un parámetro cada vez más importante, por el problema de coordinar varios sistemas próximos sin interferencias.

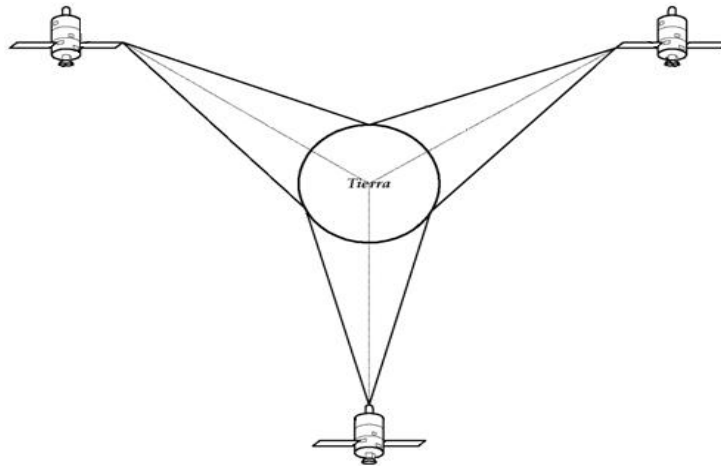
Existe una limitación geométrica de cualquier Satélite dependiente de su posición. Las antenas receptoras tienen un ángulo mínimo de elevación de 5° para no captar la radiación emitida por la tierra. Existe pues la limitación en cuanto a la superficie de la tierra accesible desde el satélite que se traduce en un ángulo máximo de cobertura = 17° . Este ángulo da un alcance de = 76.3° (teniendo en cuenta los 5° de elevación mínima) en todas las direcciones del punto sub-satélite.

Figura 2.1 Geometría de un satélite geoestacionario



Un satélite Geoestacionario puede cubrir casi la mitad de la superficie de la Tierra. Tres de estos satélites serían necesarios para dar una cobertura global a la tierra (excepto el extremo norte y las regiones polares del sur)

Figura 2.2 Cobertura Global con tres Satélites



Cobertura Global (θ 3dB \approx 17.4°): cuando el lóbulo principal de la antena cubre un tercio de la superficie terrestre. Suelen utilizarse antenas de bocina.

Cobertura Simple (θ 3dB \approx 5 a 10°): para lo que es necesario un reflector parabólico.

Cobertura de haz puntual (θ 3dB \approx 2°): tiene capacidad de orientación y la cobertura es de \approx 800 Km²

Cobertura conformada: se ajusta a un territorio específico (país, archipiélago etc.) mediante la conformación del lóbulo de radiación.

- Mediante haces separados (perfilados)
- Mediante un reflector y varios alimentadores.

Esta última es la tendencia actual más extendida dado que las antenas de cobertura global, cubren grandes zonas, de las que gran parte está cubierta por agua con lo que se pierde inútilmente energía. Además la ganancia de la antena con ángulo de apertura tan grande no supera los 17 dB.

2.2.4 Sistemas de Comunicaciones:

El sistema de comunicaciones de un satélite está básicamente formado por dos subsistemas:

- **Antenas.-** es uno de los componentes de más meticulosos diseños pues sus características están muy relacionadas con la cobertura del satélite. Existen a su vez otros factores que condicionan sus diseños:

Incremento de las prestaciones de los satélites en cuanto a capacidad de canales de transmisión, la necesidad de compartir los servicios entre varios países y la coexistencia con otros satélites adyacentes a distancias = 50 Km.

La neutralización de frecuencias permite aprovechar mejor el espectro y da un grado de libertad en el caso de solapes entre coberturas. Existen dos técnicas.

Discriminación de haz.-Cuanto más reducida sea la zona de cobertura, mayor será la posibilidad de neutralización de esa banda de frecuencias.

Discriminación de polarización.- hay dos tipos de polarización:

- Lineal (horizontal o vertical)
- Circular (dextrógira o levógira)

Un parámetro en tener en cuenta en el diseño de antenas es el ancho de banda del canal que se transmite por un mismo haz, por lo general no sobrepasa los 500MHz, tanto en el ascendente como en el descendente.

- **Transpondedores.**

Los transpondedores son considerados hasta ahora como dispositivos transparentes, es decir no modulan las señales que reciben sino que se limita a “repetir” lo que reciben.

Las funciones básicas de un transpondedor son: convertir la frecuencia de la señal recibida en el satélite por el enlace ascendente a otra frecuencia menor (por tener menores pérdidas) para el enlace descendente, y amplificar las señales recibidas antes retransmitidas a la superficie terrestre.

2.2.5 Sistema Operativo de un Satélite.

Los componentes esenciales del sistema de un satélite de comunicaciones son:

- a) Un vehículo en órbita con un receptor/amplificador/transmisor instalado.
- b) Dos estaciones terrestres equipadas para transmisión de señales al satélite y recibirlas del mismo. El diseño de todo el sistema determina la complejidad de los diversos componentes y la forma en que trabaja el sistema.

Los componentes básicos de un sistema de satélite típico. El satélite da vueltas alrededor de la tierra y recibe su energía del sol a través de células solares. Tiene un o más antenas que reciben radiación de la tierra y la envían de vuelta a continuación. Una estación terrestre (Punto A) transmite información al satélite en una frecuencia portadora concreta, normalmente en la banda de 6 GHz. Esta es la llamada frecuencia de transmisión ascendente. El satélite recibe esta información en forma de mediación y repite y refuerza la información transmitiéndola a la Tierra a una frecuencia portadora distinta, normalmente 4 GHz. Esta es la llamada frecuencia de transmisión descendente. Por tanto el satélite funciona en las bandas de frecuencia 6/4 GHz.

La antena del satélite ha sido diseñada para proporcionar radiación a todas las partes de la tierra visibles por el satélite.

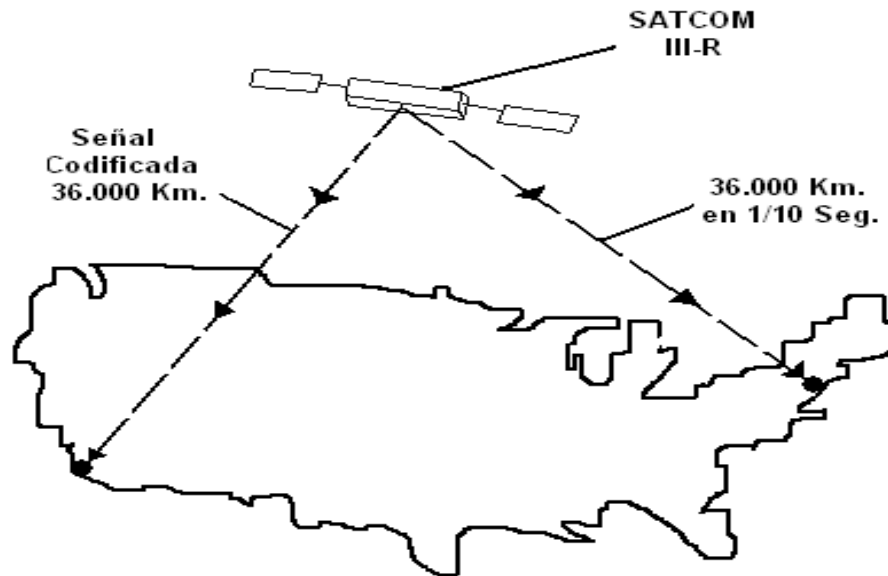
Para un satélite que opera a una distancia de 36 000 Km. de la Tierra, aproximadamente un tercio (30%) de la superficie de la tierra está expuesto a esta radiación.

Con un solo satélite en dicha orbita, la estación terrestre A puede enviar información a cualquier otra estación terrestre, incluida así misma, dentro de esta zona del 30% de superficie.

Si la información se va a enviar de la estación A la estación B nada impide que la estación C la reciba, salvo que la información esté codificada de tal manera que la estación C no la comprenda sin la clave adecuada. De hecho, en algunas

aplicaciones, es posible que la estación A quiera enviar información a las estaciones B y C, así como a muchas otras estaciones de la superficie terrestre.

Figura 2.3 Antena del satélite proporcionando radiación a todas las partes de la tierra visibles por el satélite.



Fuente: Información de la PNP

2.2.6 Condiciones de la Estación

En la estación de recepción se producen dos situaciones. Primera, la información enviada pueden recibirla y comprenderla todas las estaciones pero ser de interés solo para una o varias. Segunda, es posible pretender que la información sea recibida y comprendida solo por una estación, en cuyo caso la señal debe codificarse para impedir que otras estaciones terrestres reciban y comprendan la transmisión.

Otro punto importante sobre la señal de emisión por satélite es que la estación A puede recibir su propia información y comprobar si tiene errores.

Si el envío de esa información sin errores es un factor importante, esta posibilidad puede ser útil para garantizar que la información es correcta al salir del satélite, pueden utilizarse muchas técnicas en la estación receptora para detectar y corregir los errores que se produzcan durante la transmisión de la información.

Otra característica que la estación transmisora de la tierra debe proporcionar un haz de radiación muy direccional, que será recibido por el satélite que se está utilizando y no por otro satélite cercano puesto que hay muchos en órbita.

La separación actual de los satélites es de unos 40°; los del futuro estarán separados solo unos 2°. Por tanto, la antena y el transmisor de la estación terrestre deben diseñarse con mucho cuidado para alcanzar la anchura del haz adecuada.

Asimismo, la estación terrestre ha de estar capacitada para localizar y hacer un seguimiento de la posición del satélite, de forma que su haz no pierda la antena del satélite. Esta situación se simplifica si el satélite permanece en la misma posición relativa a la tierra en todo momento.

Por supuesto, solo podrán comunicarse de una zona a otras estaciones terrestres situadas dentro de la cobertura de dos satélites. Estas estaciones Internacionales podrían retransmitir mensajes o comunicaciones de una zona a otra para obtener una cobertura completa.

Las estaciones dentro de una sola zona pueden comunicarse solo con estaciones de esa zona, por lo que se consideran locales.

2.2.7 Canales por Satélite y Comunicaciones de una Estación a otra

En cuanto a las estaciones dentro de la zona de un satélite determinado, pueden comunicarse cualquier número de pares de estaciones independientes. Aunque el satélite retransmite a toda la porción visible de la superficie de la tierra, cada estación solo escucha la señal emitida para la misma. Por ejemplo, pueden

producirse comunicaciones entre las estaciones A y B a través de la trayectoria de la señal 1 al mismo tiempo que se producen comunicaciones entre las estaciones C y D a través de la trayectoria de la señal 2. A primera vista esto no parece posible puesto que la antena del satélite recibe frecuencias de señales en la gama de 6 GHz desde las estaciones A y C a la vez. Además en el mismo periodo de tiempo, el satélite emite a toda la zona visible por debajo de las frecuencias portadoras en la gama de 4 GHz. Evidentemente, debe utilizarse alguna transmisión simultánea para que estas comunicaciones ocurran al mismo tiempo.

2.2.8 Antenas Terrestres para el Servicio Satelital

Una antena se puede definir como un sistema de conductores capaces de emitir y recibir ondas electromagnéticas de alta frecuencia, las cuales son conducidas hacia los equipos de transmisión y/o recepción a través de un tubo metálico conductor denominado Guía de Onda o un cable de bajas pérdidas según sea el caso. La orientación del campo eléctrico radiado desde una antena se denomina polarización, la cual puede ser lineal (horizontal o vertical), elíptica o circular.

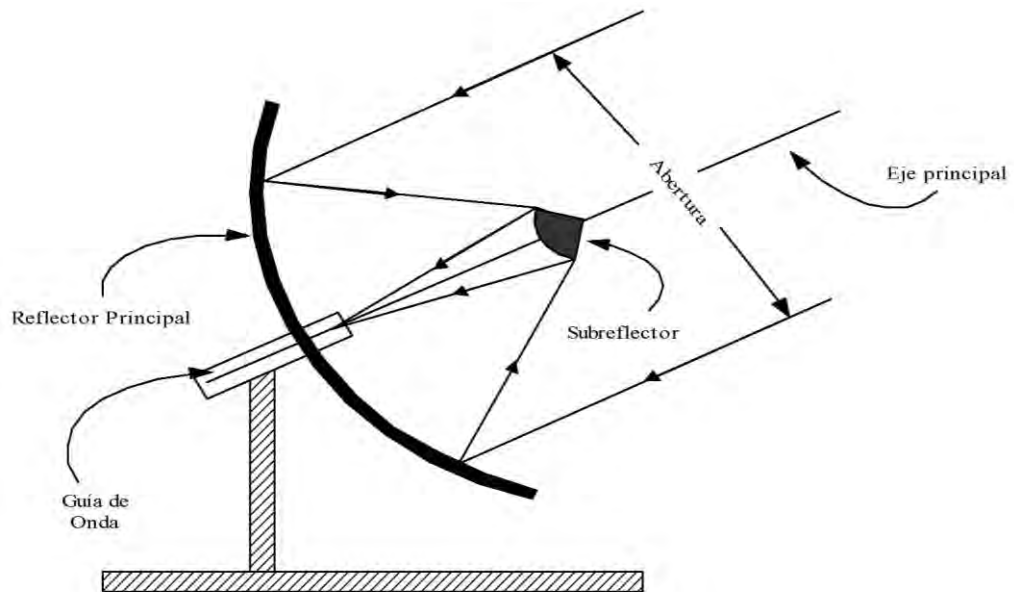
En las aplicaciones para comunicaciones satelitales se requieren antenas de ganancia y directividad extremadamente altas. Las antenas que proporcionan estos dos requerimientos son las antenas reflectoras parabólicas multihaz.

Una antena parabólica consta de dos partes: un reflector parabólico (elemento pasivo) y un mecanismo de alimentación (elemento activo). El reflector es solamente un dispositivo que refleja la energía irradiada por el mecanismo de alimentación.

En realidad el mecanismo de alimentación de una antena es quien realmente irradia la energía electromagnética hacia el reflector. Dependiendo del tipo de mecanismo de alimentación es que se derivan las diferentes clases de reflectores parabólicos.

Estos tipos de reflectores son: Antena de foco primario; antena tipo Offset, antena tipo Cassegrain y antena plana. En el presente trabajo no se profundiza en esta clasificación, ya que no es un propósito del proyecto.

Figura 2.4. Antena parabólica tipo Cassegrain.



Fuente: Información copias de la PNP

En la figura 2.4 se muestra una antena parabólica tipo Cassegrain en donde la principal fuente de radiación se localiza detrás del vértice de la parábola, la cual apunta a un reflector secundario (reflector Cassegrain). Los haces emitidos y/o recibidos del reflector principal son reflejados hacia o desde el reflector secundario (subreflector). Este tipo de reflector es utilizado en comunicaciones satelitales debido a que puede recibir señales extremadamente débiles por lo que, en recepción, es necesario colocar el paquete de LNA tan cerca de la antena como sea posible. Asimismo, con este tipo de subreflector Cassegrain, los preamplificadores se pueden colocar justo antes del mecanismo de alimentación y no ser una obstrucción para las ondas reflejadas.

A medida que se reduce la separación admisible entre los satélites, el tamaño de la antena terrestre resulta más crítico para evitar las interferencias entre satélites. Si se mantiene el ancho de banda actual, cuanto más alta sea la frecuencia de la portadora, más corta será la longitud de onda y más pequeño el diámetro de la antena. Por ejemplo, una portadora de transmisión ascendente de 6 GHz. Tiene una longitud de onda de 5 cm. Como resultado, la antena debería tener unos 5 m (aproximadamente 15 pies) de diámetro. Este no es un tamaño excesivo para una antena ubicada en el tejado de un gran edificio o en el suelo

de una gran planta comercial, pero si para una casa o par un uso móvil. Si la frecuencia de la portadora se cambia a 15 GHz, con una longitud de onda de 2 cm, podría utilizarse una antena con 2 m de diámetro (unos 6,5 pies). Aumentando la frecuencia de la portadora a 30 GHz se podría reducir el diámetro a 1 m (unos 3,3 pies), lo que es aceptable para el hogar o las comunicaciones móviles.

2.2.9 Operadores del Servicio Satelital

El estado actual de los satélites de telecomunicaciones desborda todas las expectativas que se hicieron hace ya más de medio siglo, cuando Clarke concibió el empleo de la órbita geoestacionaria con fines de radiocomunicaciones. En la actualidad el cinturón de Clarke esta ocupado por alrededor de 260 satélites activos y su número se va incrementando continuamente con nuevos lanzamientos.

Las empresas operadoras de satélites, debido a las opciones estratégicas de los mismos, en la mayoría de casos son financiados por los estados, los cuales los utilizan para fines comerciales, militares y de investigación. Los principales operadores de satélites en la actualidad son:

EUTELSAT.- Fue fundada en 1977. Es el más grande operador de satélites en Europa que controla 8 satélites de comunicaciones. Hoy en día esta organización está formada por 39 estados miembros.

Dirección: Tour Maine-Montparnasse 33, Avenue de Maine, 75755 Paris Cedex 15, Francia.

INTELSAT.- Es el más grande consorcio global mundial de comunicaciones por Satélite conformado por más de 140 países miembros. En la actualidad controla 19 Satélites.

Dirección: 3400 International Drive, N. W., Box 63, Washington D.C: 20008.

ASTRA-SES.- Es una organización europea privada que actualmente opera los cuatro satélites ASTRA en la ubicación de 19.2° LE; los cuales brindan el servicio principalmente de televisión a los diferentes mercados europeos. SES opera el sistema de satélites ASTRA bajo un acuerdo de franquicia con el

ducado de Luxemburgo. Recientemente prorrogada, la franquicia otorgada a la SES estará vigente hasta el año 2010.

Dirección: L-6815 Chateau de Betzdorf, Luxemburgo.

FRANCE TELECOM.-France Telecom, el operador de los satélites France Telecom se fundó en 1984. Esta Red de Satélites nacional francesa no es solamente usada para propósitos de transmisión y telecomunicaciones sino también para fines militares, así el sistema de satélites de France Telecom fue diseñado para cubrir Francia y gran parte de Europa con sus transponders de Banda Ku; los territorios franceses de ultramar con sus transponder de Banda C y los transponders de Banda X(13) para propósitos militares.

Dirección: Plaza d'Allenery, F-75740, Paris Cedex 15, France 13 La banda X, aunque no es utilizada comercialmente, algunos gobiernos la utilizan para fines de defensa estratégica, es decir exclusivamente militares. Esta banda abarca de los 7900 Mhz. hasta los 8400 Mhz. 31

INTERSPUTNIK.-Es una organización de satélite internacional, la cual fue fundada por la antigua URSS y algunos países aliados a finales de 1971. En la actualidad esta organización cuenta con 16 naciones miembros. El primer satélite de esta organización fue el *Molniya I*, el cual tenía una órbita elíptica que es necesaria para suministrar emisiones radioeléctricas a las áreas más cercanas al polo norte, las cuales no pueden ser alcanzadas con un satélite geostacionario.

Dirección: Smolensky Lane 1/4, Moscú 12 10 99, Rusia

NASDA.- Fue fundada en 1960 con la finalidad de realizar exploraciones espaciales en interés de la paz. Además de otras tareas relacionadas con el espacio NASDA opera un gran número de satélites tales como los de la serie *Yuri*. La Corporación de Satélites de Telecomunicaciones de Japón controla estos satélites; y la NHK (*Corporación de transmisiones de Japón*) junto con la JSB (*Transmisiones de Satélite de Japón*) dirigen los servicios de transmisión en estos satélites.

Dirección: World Trade Center Building 2-4-1, Hamamatsu-cho, Minato-ku Tokyo 105, Japan.

ASIASAT SATELITE TELECOMUNICACIONES.- Es la primera empresa operadora de satélites comerciales de Asia. El satélite *Asiasat 1*, fue vendido por los Estados Unidos a China luego de que este inicialmente fallara al alcanzar su posición orbital. La mayor parte de la programación en el satélite *Asiasat 1* es suministrado por STARTV (Satélite Televisión para la región Asiática), que brinda un servicio de satélite televisión directo al hogar.

Dirección: 23-24/F East Exchange Tower, 38-40 Leighton Road, Cause way Bay, Hong Kong.

PANAMSAT (ALPHA LYRACOM).- Alpha Lyracom, un consorcio internacional de satélites comerciales, fue fundado en 1984 y opera bajo el nombre de Satélite Pan America. El órgano administrativo para las telecomunicaciones de los Estados Unidos, garantizó a PanAmSat todos los derechos para lanzar y explotar un sistema de satélite internacional independiente. Esto hizo de PanAmSat el primer operador de satélite internacional privado del mundo y un competidor directo de INTELSAT.

Dirección: One Pickwick Plaza, Greenwich, CT 06830, USA 32

INSAT.- Es un sistema de satélites de comunicaciones multipropósito usado por múltiples agencias gubernamentales indias. Empezó a operar con 4 satélites construidos por Ford Aerospace, con características muy específicas proporcionadas por el gobierno indio. Sin embargo, en la actualidad la Organización de Investigación Especial India es la encargada de construir, lanzar y administrar los satélites para INSAT.

2.2.10 Ruido de la Antena

El ruido de la antena utilizada solo para recibir señales varia con la anchura del haz de la antena, si la anchura del haz de la antena de recepción incluye otros satélites de forma que detecte una amplia zona de radiación electromagnética dispersa, toda esta señal aparece en el receptor como ruido y tiende a bloquear la señal deseada del satélite A. Las señales deseadas de este modo cubiertas por el ruido requieren una transmisión FM de banda ancha para detectar bien la señal. Debido a que las antenas pequeñas con diámetros de 1 a 3 m no pueden proporcionar un haz tan estrecho como las antenas mayores, será necesario hasta 10 veces el ancho de banda normal. Así pues, una señal de video de TV

de 4,5 MHz tomarla todo el ancho de banda de 36 MHz del repetidor de un satélite para transmitir confiabilidad una imagen de alta calidad. De forma similar un canal de voz de 4 KHz podría necesitar un ancho de banda de FM de 40 KHz para transmitirla adecuadamente. Esto significaría que solo se podría enviar 100 canales de voz por un solo repetidor en lugar de 1000. El coste de la estación terrestre se reduce utilizando una antena más pequeña, pero el coste de la Transmisión aumenta significativamente por que el ancho de banda del satélite se emplea por debajo de sus posibilidades. Debido a la necesidad de estaciones terrestres cada vez más pequeñas, las frecuencias de los satélites siguen aumentando porque, al parecer, el precio de los sistemas se reduce a frecuencias más altas. En la tabla 02 vemos las banda de frecuencia y las frecuencias actualmente utilizadas o proyectadas para sistemas vía Satélite.

La banda C de 6/4 GHz. Fue la más utilizada en el pasado. El creciente uso de la banda Ku de 14/12 GHz. Continuara especialmente para estaciones terrestres baratas, hasta que la banda tenga tantos abonados como la actual banda C. Entonces se incrementara el uso de la banda Ku. Esta asignación de canales puede hacerse de forma permanente, en cuyo caso, si la estación B detecta información en el canal 1, la estación A la envía. Si detectara información en el canal 2, sabría que estaba destinada a la estación D. Desde luego, este sería un planteamiento ruidoso, pues la Comunicación A-B no podría hacerse continuamente las 24 horas del día. En los periodos en que A no se comunicara con B, el canal 1 estaría libre cuando otras estaciones podrían haberlo utilizado.

2.2.11 Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA)

Un planteamiento razonable para la asignación de canales es asignar los canales disponibles a la siguiente estación que solicite o demande servicio, y notificar a la estación de destino que canal se está utilizando. Entonces, cuando la comunicación termine, el canal entrará de nuevo en el banco de canales disponibles. Este planteamiento se denomina *acceso múltiple por división de frecuencia (AMDF)*. El canal de mando puede utilizarse para controlar la asignación de canales, así como notificar a la estación transmisora que canal hay disponible y la estación receptora que canal se está utilizando.

Esta función de control puede gestionarla un ordenador central u ordenadores en cada estación terrestre. Esta misma estrategia funcionaria bien si la estación A, fuera una estación de emisión.

2.2.12 Acceso Múltiple por División de Tiempo (AMDT)

La mayoría de los primeros Satélites tenían MDF y muchos AMDF. A medida que aumentaron las comunicaciones digitales, la MDT asume el control. Para MDT, todas las estaciones utilizan la misma frecuencia portadora, pero su señal se produce en un intervalo de tiempo específico en un segmento de tiempo específico. Como MDF, la asignación del segmento de tiempo podría ser permanente, aunque es más probable que se asigne previa solicitud. Un control central notifica a los miembros de la ruta de transmisión que segmento de tiempo ha sido asignado, y los receptores examinan la información solo en esos tiempos especificados. Cuando la transmisión termina, el segmento de tiempo pasa a la lista de segmentos disponibles. Este método se llama *acceso múltiple por división de tiempo (AMDT)*. El ADMT ofrece algunas ventajas sobre el ADMF en cuanto a que solo se utiliza una única frecuencia para la conexión de una estación, y esta conexión puede hacerse por procedimientos digitales. En el ejemplo, se ha asignado a la estación A el primer segmento de tiempo por el que envía el mensaje 1001. A la estación B se le ha asignado el segundo segmento de tiempo, por el que envía el mensaje 0110. Se van a enviar ambos mensajes a la estación C. El sistema de control ha asignado los demás segmentos de tiempo a otras tareas de comunicación. El satélite transmite simultáneamente la información de A a B en los segmentos de tiempo correctos en la portadora enviada a la estación C. La estación C recibe la señal AMDT combinada, separa los dos mensajes y los trata como comunicaciones por separado.

A los bits individuales de cada una de las señales de datos se les ha asignado segmentos de tiempo. Es posible asignar un grupo de bits fijo, como un byte de 8 bits o un paquete de 128 bytes, aun cuadro temporal y el multiplexor de tiempo transmite estos cuadros temporales en forma similar. De este modo la capacidad del satélite aumenta significativamente por que varias transmisiones comparten la misma frecuencia de portadora y el mismo repetidor.

Cualquiera que sea el planteamiento, la tentativa de utilizar simultáneamente el mismo canal de frecuencias por parte de varios usuarios normalmente complica el equipo de estación terrestre. La polarización de la radiación requiere que la estación terrestre esta provista de ambas polarizaciones en sus amplificadores de potencia y antenas. Las estaciones terrestres AMTD deben estar capacitados para sincronizar sus transmisiones digitales con las que van o vuelven del satélite, y después desmultiplexar las señales. Las estaciones terrestres tienen gran capacidad para almacenar información y distribuirla por las redes de retransmisión telefónica.

2.3 COMUNICACIONES POR SATÉLITE

2.3.1 Ventajas de las Comunicaciones por Satélite

Las comunicaciones por satélite ofrecen distintas ventajas sobre las comunicaciones convencionales para servicios a larga distancia. Los enlaces por satélite no se ven afectados por las anomalías de la propagación que interfieren con la radio de HF, no tienen la gran atenuación de los servicios por hilos o por cable, y pueden recorrer largas distancias sin las numerosas estaciones repetidoras que necesitan los enlaces por dispersión troposférica o directa. Las comunicaciones por satélite pueden proporcionar mayor fiabilidad y flexibilidad de servicio, necesarias para soportar los sistemas de comunicación mundiales.

La propagación de las ondas de radio por satélite no depende de la reflexión o la refracción, y las ondas se reflejan solo ligeramente por los fenómenos atmosféricos. Por tanto, la fiabilidad de los sistemas de los satélites activos de comunicación esta esencial y únicamente limitada por la fiabilidad del equipo implicado la habilidad del personal operativo y de mantenimiento. Esta mejora de la fiabilidad es una notable ventaja para las comunicaciones a larga distancia, que en el pasado dependían de principalmente de la propagación de HF, de escasa fiabilidad.

2.3.1.1 Invulnerabilidad

La tecnología punta de los cohetes posibilita la destrucción de un vehículo en órbita. Sin embargo, la destrucción de un solo satélite de comunicación sería difícil y costosa. Resultaría especialmente complicado destruir un sistema completo de múltiples satélites en el que cada uno de ellos tiene un periodo y una configuración orbital distintos. Las estaciones terrestres ofrecen un objetivo mucho más atractivo en lo que se refiere a la destrucción, pero pueden protegerse con las mismas medidas que se toman para defender otras instalaciones de comunicación vitales. Las antenas altamente direccionales en las estaciones terrestres y los sistemas de gran ancho de banda que pueden adaptar avanzadas técnicas anti perturbación ofrecen un alto grado de invulnerabilidad.

2.3.1.2 Flexibilidad

Cuando se lanzaron los primeros satélites, solo podían permitirselo organizaciones muy grandes, como las militares y algunas empresas de comunicaciones. No obstante, las unidades que se han colocado en el espacio desde entonces han demostrado que pueden existir comunicaciones rentables. A medida que aumente la capacidad de potencia, frecuencia y canales de los satélites, será cada vez más factible la utilización de sistemas por satélite por parte de pequeñas empresas e incluso de personas individuales.

Los satélites de comunicación de nuestros días ofrecen una gran flexibilidad. Pueden proporcionar señales de TV de múltiples canales, señales de radio a larga distancia y miles de canales de voz para el uso de sistemas telefónicos. Los satélites permiten la comunicación entre dos estaciones, simultáneamente entre muchos pares de estaciones, o de una estación a muchas estaciones, dependiendo de la forma en que el satélite conmute y maneje la información.

2.3.2 Limitaciones de las Comunicaciones por Satélite

Las limitaciones de un sistema de comunicaciones por satélite están determinadas por las características técnicas del mismo y sus parámetros orbitales. Los sistemas de los satélites activos de comunicación están limitados por la potencia transmisora del satélite de las frecuencias de transmisión descendente y en menor medida, por la sensibilidad receptora del satélite de las frecuencias de transmisión ascendente.

2.3.3 Las Comunicaciones por Satélite del Futuro

La capacidad de los satélites de comunicación ha seguido aumentando gracias a los adelantos en los cohetes, la electrónica y las técnicas de comunicación y el diseño de las antenas. Con la tecnología actual, son posibles estaciones terrestres de satélites individuales que utilizan receptores a bajo costo y antenas de pequeño diámetro. En el futuro, los satélites utilizarán cada vez más frecuencias mayores, frecuencias múltiples, bandas de frecuencias múltiples, polarización por radiación noble, haces locales y técnicas avanzadas de transmisión por división de frecuencia y tiempo para incrementar su capacidad.

A medida que aumentan el tamaño y la capacidad de los satélites, habrá más posibilidades de comunicarse con otros satélites directamente. La capacidad de lanzar satélites por medio de transbordadores permite a sus diseñadores presentar, a un precio bastante razonable, satélites más robustos de cualquier peso, en lugar de los limitados pesos que permitían los lanzamientos con cohetes esta capacidad de diseño es particularmente ventajosa para los operadores de estaciones terrestres pequeñas, pues en el futuro pueden convertirse en usuarios más activos de los sistemas de comunicación por satélite.

2.3.4 Amplificador de Bajo Ruido (LNA)

Los amplificadores de bajo ruido o LNA, desempeñan la importante función de detectar las señales electromagnéticas a frecuencias de microondas transmitidas

desde el alimentador, convertirlas en corriente eléctrica y amplificar estas señales extremadamente débiles en 40 ó 50 decibeles (10000 a 100000 veces). Las piezas más importantes para lograr que la recepción de una estación terrestre sea buena, son la antena y el LNA trabajando en conjunto. El LNA, es el primer elemento electrónico o “Activo” en la secuencia de procedimiento en una señal de Satélite.

La potencia de señal que ingresa en un LNA es increíblemente baja, de menos de un 100 millonésima de 1000 millonésima de vatio. El LNA debe aportar muy poco ruido para que esta señal no se apague dentro del ruido de funcionamiento interno del amplificador. Esta proeza se logra gracias a recientes adelantos en la Tecnología de los Circuitos Integrados Digitales, sin los cuales no podría existir la TV.

Los primeros LNA, que originalmente se usaron en radio Astronomía, eran circuitos transistorizados paramétricos comunes inmersos en baños de Nitrógeno o de Helio Líquidos. Se empleaba esta técnica porque a las bajas Temperaturas así obtenidas, se lograba disminuir el Movimiento Molecular, y por ende, el ruido que este genera. Los LNA modernos se hicieron posible con el transistor de efecto de campo, de FET: Transistor de Efecto de Campo conocido como Gasfet. Estos transistores especiales inducen al LNA a comportarse como si se encontrase operando cerca del cero absoluto donde esta todo Movimiento Molecular.

El amplificador de bajo ruido se encarga de amplificar la señal captada por la sonda del Alimentador-Polarizador entre 30 a 65 dB para Temperaturas de ruido desde 120° hasta 50°

2.3.5 Convertidores

Todos los componentes del Sistema de recepción Vía Satélite en los últimos años, tienen una rápida y enorme evolución, entre estos el de gran avance en su Tecnología es el Convertidor externo a bajo ruido.

Este componente también conocido como LNB tiene la capacidad de recibir la señal a microondas reflejada por la antena parabólica, amplificarla y convertirla en una banda de frecuencias más baja para así la señal poder enviarla Vía cable coaxial o guía de onda al receptor.

El convertidor es el Primer componente “Activo” del Sistema y el más importante, junto con la antena, en determinar la calidad de la señal recibida.

La ventaja de este aparato con respecto al anterior (LNA), era que la conexión vía cable coaxial entre la antena y el receptor venia efectuada a frecuencias muy bajas (Típicamente 70 MHz) y por lo tanto las perdidas en el cobre eran mínimas.

El punto negativo de este componente era la necesidad de tener un Segundo cable de conexión al receptor para la determinación del canal de conversión a la frecuencia intermedia entre los “n” canales disponibles en toda la banda de recepción.

En su esquema de bloques el LNC es idéntico al LNA hasta la primera etapa del Amplificador de señal, a este punto la señal viene mezclada a una frecuencia generada por un oscilador controlado en el receptor.

El resultado de esta mezcla se filtra y se amplifica para ser trasladado por el cable al sintonizador.

2.3.5.1 Conversor de Banda a Bajo Ruido - LNB (Low Noise Down Converter)

Este es el último avance Tecnológico para la recepción Vía Satélite, como lo dice su mismo nombre, LNB, convierte a una frecuencia más baja toda la banda de la señal transmitida por el Satélite con tres ventajas muy significativas con respecto a los anteriores:

- 1) La frecuencia de conversión no es variable, pero si fija, obteniendo así una mejor estabilidad y confiabilidad en los componentes internos del convertidor.

- 2) Se elimina la necesidad de tener que efectuar una Segunda Conexión entre el receptor y el Convertidor para la sintonización del canal deseado.
- 3) La posibilidad de tener a disposición a la entrada del receptor toda la banda para su total sintonización, dividiendo la señal de la salida del convertidor a más receptores, para la ubicación de todos los canales transmitidos por el Satélite. Con el LNC esto no era posible por lo que el cable coaxial transportaba la información correspondiente a un solo canal, la banda de frecuencia usada como frecuencia intermedia es de 950 MHz. Como frecuencia inferior hasta 1450 MHz. Como frecuencia superior para los Sistemas de la Banda C. (Ancho de Banda 500 MHz.) o hasta 1750 MHz. Para la banda Ku (Ancho de Banda de 750 MHz.)

2.3.6 Enlace de la Red Satelital de Informática y Telecomunicaciones PNP a Nivel Nacional.

El procedimiento consiste en mantener el enlace a través de la red Satelital, manteniendo operativos los canales de Voz (Teléfonos-NEC) y Data (Correo Electrónico y Requisitorias), en forma permanente entre la estación central Lima y las veinte estaciones remotas ubicadas en Provincias.

El Sistema de Comunicaciones Vía Satélite permite la conexión por intermedio de los CANALES DE DATA, de cualquier Terminal PC remota ubicada en cualquier punto del país con el servidor de comunicaciones AVIION, que se encuentra ubicado en Lima, mediante el uso del Satélite. Este tipo de conexión hace posible que desde punto del país se pueda tener acceso a las bases de dato central.

El Sistema de Comunicaciones Vía Satélite permite la conexión por intermedio de los canales de voz, de cualquier teléfono del Sistema NEC ubicado en cualquier punto del país con los teléfonos NEC instalados en Lima mediante el uso del Satélite.

PARTE II.- PROTECCIÓN EN BAJA TENSIÓN

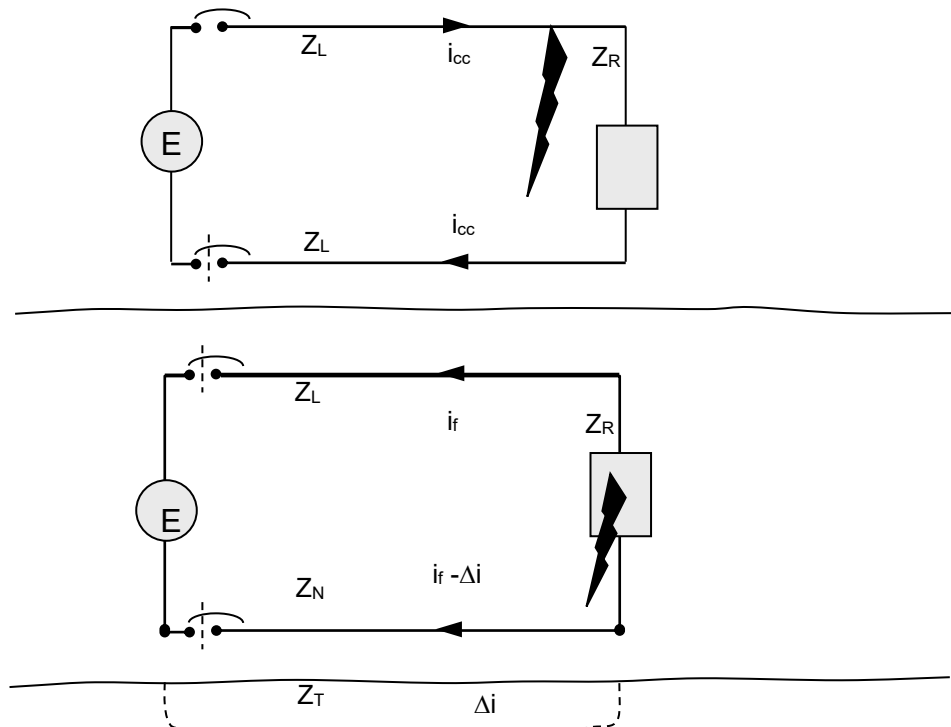
2.4 FALLAS ELÉCTRICAS Y CONSECUENCIAS EN BAJA TENSIÓN

2.4.1 Fallas Francas o Continúas.

Permiten la libre circulación de las corrientes, al disponer de un circuito conductor de retorno diferente del suelo; tratándose de fallas del aislamiento entre Fases o Fase Neutro, los mismos conductores de fase oficiarán para tal fin; mientras que, tratándose de fallas desde fase a masa, se deberá disponer de un conductor adicional que debe asimismo formar parte del sistema eléctrico, siendo fácil identificarlo con un punto de Potencial fijo como el Neutro.

El criterio de seguridad será cumplido toda vez que el conductor sea tomado sin dificultad por la corriente de falla tanto en el lado de la fuente como en el punto de falla.

Figura 2.5 Falla continua



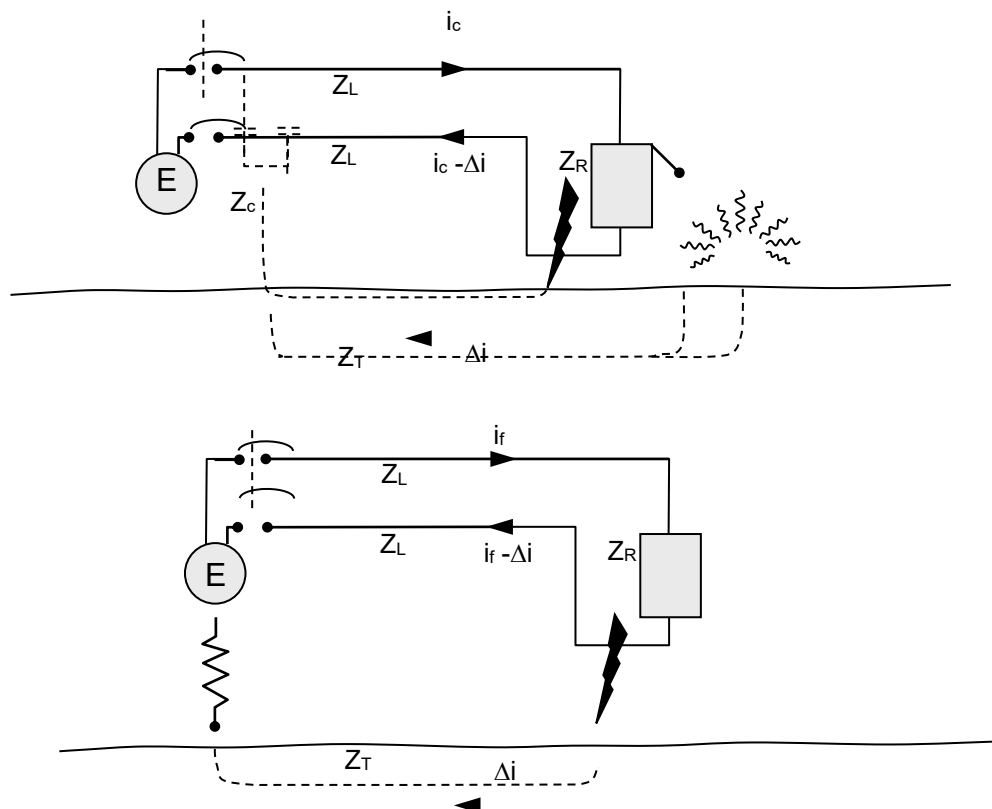
Donde:

- Z_L : impedancia de la línea
- Z_r : carga
- Z_n : impedancia del neutro
- I_{cc} : corriente de cortocircuito
- I_f : corriente de falla
- D_i : corriente residual

2.4.2 Fallas Impedantes o Resistivas.

Cuando falla el aislamiento de una fase hacia Masa o Tierras, y no existe para la corriente de falla, conductor de retorno directo hacia la fuente, por lo que ésta debe cerrarse por tierra, exigiendo también en el lado de la fuente, el acceso al punto Neutro de retorno al sistema, que puede estar aislado de Tierra o bien conectado a ella a través de una Impedancia o una Resistencia pura.

Figura 2.6 Fallas Impedantes o Resistivas



donde:

- ZL : impedancia de la línea
- Zr : carga
- Zc : impedancia capacitiva
- Zt : impedancia total
- Icc : corriente de cortocircuito
- If : corriente de falla
- Di : corriente residual

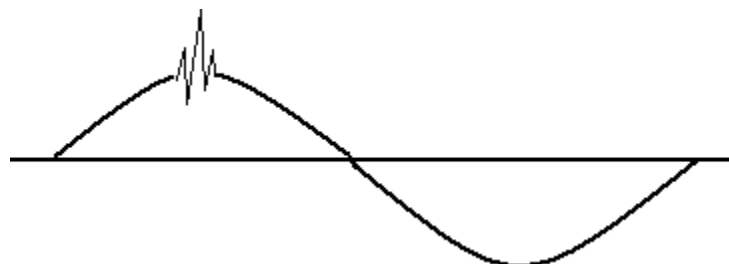
El criterio de seguridad podrá ser cumplido cualesquiera que fuese la condición de conexión del punto Neutro de la Fuente a Tierra, si es que las masas en el lado de la utilización se conectan sólida y eficazmente a Tierra.

2.4.3 Fallas Intermitentes o discontinuas.

Están involucradas las formas de falla Fase-Fase, Fase-Neutro y/o Fase-Tierra, se trata de fallas incompletas del aislamiento a través de alta Resistencia, que generalmente obedecen al envejecimiento o daños localizados de los cables subterráneos o a los procesos de humedecimiento de la contaminación superficial en los aislamientos externos; dichas descargas disruptivas de baja energía, se localizan en puntos de elevado gradiente de potencial, desarrollándose en forma de trenes de impulsos oscilatorios amortiguados de Corriente.

El cumplimiento de los criterios de seguridad para las personas en dicho circuito, corresponde al esquema de conexión a Tierra, tanto en la fuente como en la utilización, dado que este tipo de fallas desembocan finalmente en fallas francas

Figura 2.7 *Falla intermitente*



- La Tensión en la falla es de naturaleza transitoria, y de forma oscilatoria amortiguada, que se propaga por los conductores ocasionando solicitaciones en los aislamientos internos; dicho fenómeno no compromete directamente la seguridad de las personas.
- La corriente en la falla tiene similar característica que la Tensión, su magnitud es significativa debido a la descarga de la capacitancia parásita del conductor, no obstante la energía involucrada es pequeña; su acumulación crea puntos calientes en el aislamiento y los predispone a la falla franca.

2.4.4 Causas y Apreciaciones de las Fallas.

Las fallas en los circuitos eléctricos que operan con tensiones superiores a 50 V, tal es el caso de la Baja Tensión de usuario final, involucran elevadas energías que la fuente de alimentación inmediata siempre podrá suministrar con el respaldo del sistema aguas arriba, de modo que al haberse establecido a falta de un dispositivo que pueda interrumpirla (fusible, interruptor), inicia el escalamiento de un proceso destructivo con permanencia de su peligrosidad respecto de la vida y la salud de las personas.

- **Las causas que conducen u ocasionan fallas.**

Están asociadas fundamentalmente a los esfuerzos de tensión aplicados al aislamiento, (sobretensiones internas o externas), a los desperfectos propios del aislamiento o a su declive temporal o permanente (reducción del sostenimiento), o también debido a las demás solicitaciones del servicio; aparte ello asimismo se cuentan las causas excepcionales, por colapso, por errores de operación y por accidentes.

- **La apreciación de las fallas**

Las fallas en BT oportunamente interrumpidas, solo muestran evidencias externas mínimas, como un ligero movimiento de conductores; su continuación puede ocasionar el incendio de los aislamientos y de la fuente. El estudio de las corrientes de falla se hace asumiendo una falla trifásica en forma “franca” (sin resistencia intermedia), con la finalidad de determinar el

poder de corte de los interruptores y la elección y selección de los dispositivos de protección.

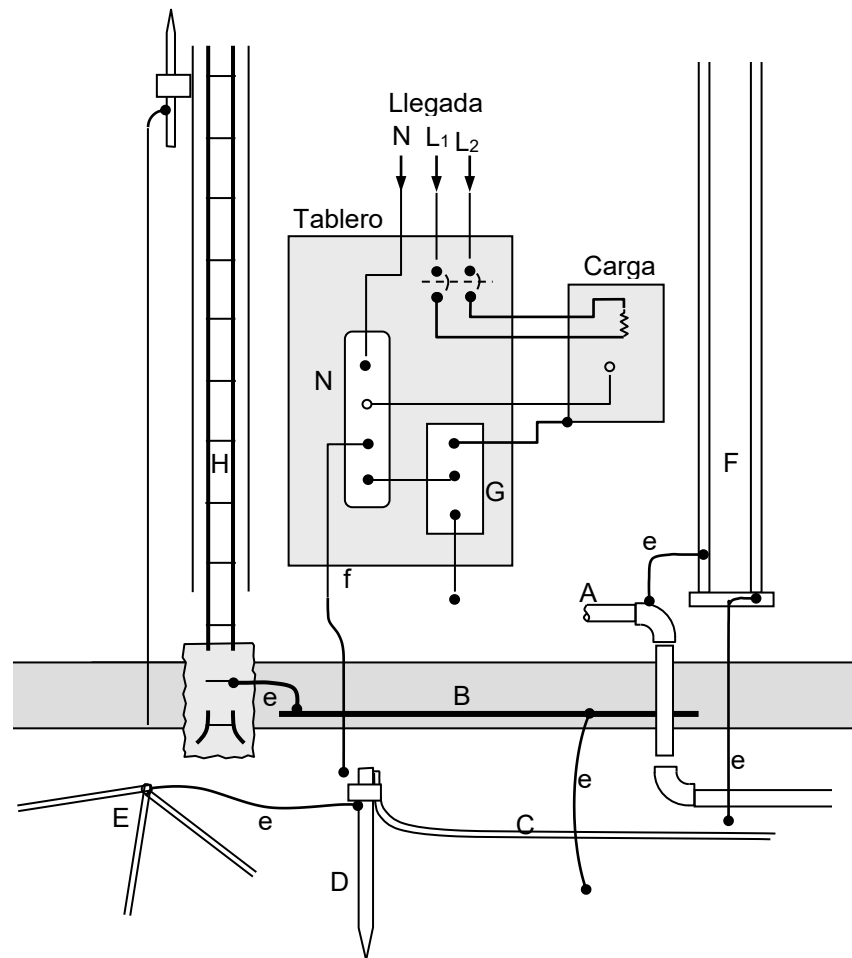
La protección de las personas no se relaciona a los parámetros de falla, obedece a esquemas de instalación referidos a tierra y preconcebidos para la seguridad, lo cual respalda el correcto funcionamiento de los dispositivos de los subsistemas en muy baja tensión, y también facilita la compatibilidad electromagnética de la operación global.

2.5 LAS PUESTAS A TIERRA DE LAS INSTALACIONES EN BAJA TENSION

El propósito principal de la conexión a una Puesta a Tierra es de proveer la protección de las personas, equipos y sistemas de corriente débil durante operación normal y durante fallas, limitando las tensiones excesivas o peligrosas a tierra desde las partes conductoras pasivas de una instalación, mediante una vía de baja Impedancia para dispersar las corrientes de falla; las siguientes premisas justifican y refuerzan la conexión de seguridad a tierra.

- La necesidad de limitar las tensiones a tierra, obedece a que las personas siempre estamos directa o indirectamente en contacto con el suelo (con los pies), y podemos tocar las masas que son energizables.
- Los sistemas eléctricos monofásicos o trifásicos Puestos a Tierra por el Neutro, tienen Tensiones estables a Tierra y entre conductores, en caso contrario dichas tensiones pueden ser impredecibles.
- Los contenedores de los Equipos así como los ductos y las bandejas de canalización de circuitos son también conectados a tierra para igualar los potenciales de las partes expuestas.

Figura 2.8 Sistema de puesta a tierra equipotencial



Donde:

- A : cañería
- B : cimentación
- C : cable de tierra
- D : varilla de puesta a tierra
- E : anillo de tierra
- F : otra estructura
- N : barra de neutros
- G : barra de tierras
- H : acero estructural
- e, f : conexión

- El enlace permanente de todas las partes metálicas pasivas de la instalación (no energizadas), asegura equipotencialidad y continuidad eléctrica de baja Impedancia para conducir Corriente.
- La operación de la protección por sobrecorriente no se facilita con la conexión a tierra sino con el enlace de las conexiones a tierra (bajadas) de los equipos, al Neutro Puesto a Tierra que constituye el circuito de corriente de falla.

- Este o no esté el Neutro del sistema Puesto a Tierra, el “enlace equipotencial “ y la respectiva conexión a Tierra limitan las tensiones a Tierra durante fallas.
- La conexión a tierra del sistema (fuente), debe ser confiable, aunque no está llamada a conducir muy elevadas corrientes de falla, puede ser requerida de conducir corrientes transitorias y de Rayo.
- El sistema de electrodos de puesta a tierra, está formado por el enlace de electrodos naturales (“primarios”) Ej. Tuberías metálicas de agua, acero estructural y del concreto, tierra Ufer y anillo de tierra, con electrodos convencionales de instalación vertical, horizontal o mixta.

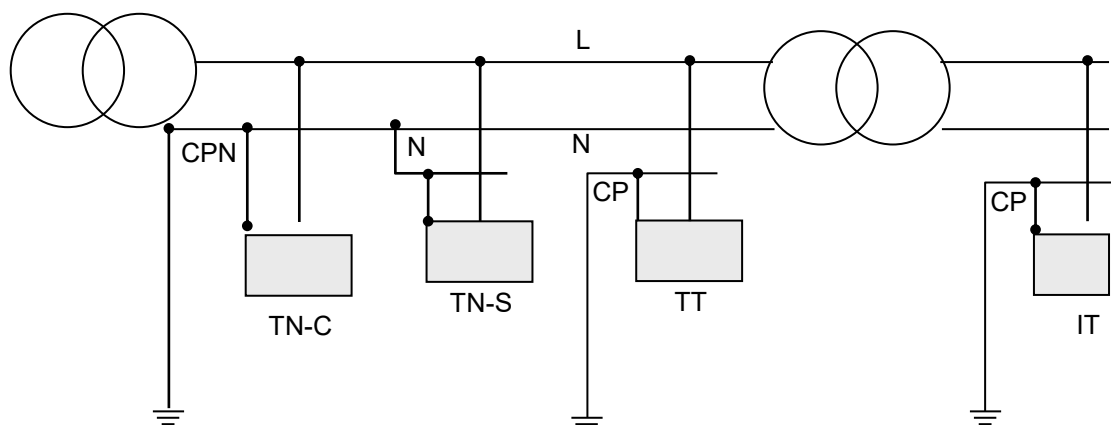
2.6 EL CONTROL DEL PELIGRO EN LAS INSTALACIONES.

El control del peligro eléctrico en Baja Tensión obedece a criterios preventivos aplicables desde la etapa de diseño de las instalaciones, mediante la adopción de Esquemas de Conexión a Tierra recomendados por la Norma CEI 60364 que indica:

- Las formas de conexión a Tierra del Secundario del Transformador en el lado de la fuente MT/BT.
- La forma de conectar las masas de las cargas a Tierra, por intermedio del Neutro del sistema.

Dichos esquemas no son susceptibles de una valoración cualitativa entre ellos, con la finalidad de hallar el mejor, porque todos prevén la seguridad de las personas y sus eventuales ventajas e inconvenientes dependen de las particularidades del uso de la electricidad.

Figura 2.9 Esquemas de Conexión a Tierra



2.6.1 Configuración de los Esquemas de Conexión a Tierra.

Se determinan mediante la combinación de las opciones permitidas, que están asociadas a dos letras alfabéticas básicas que pueden ser complementadas por una tercera según el caso, en la siguiente forma:

a. La primera letra indica la situación de conexión del neutro de la fuente con respecto a Tierra (Puesta a Tierra).

T : Neutro conectado directamente a tierra.

I : Neutro aislado de tierra.

b. La segunda letra indica la situación de conexión de las masas sea a tierra o bien al neutro.

T: Masas conectadas directamente a tierra.

N: Masas conectadas al neutro corrido desde el origen.

c. La combinación de estas alternativas con neutro corrido da tres esquemas seguros que pueden coexistir en una instalación.

Esquema TT: Neutro del Trafo, (T), con masas (T)

Esquema TN: Neutro del Trafo, (T), con masas (N)

Esquema IT : Neutro del Trafo (I), con masas (T)

d. El esquema (TN) se puede expandir en varios sub esquemas lo cual se indica agregando letras separadas por un guión:

Sub-esquema TN-C: Tienen el conductor neutro (N) y el conductor de protección a tierra (CP), coincidentes (CPN).

Sub-esquema TN-S: Tienen el Conductor Neutro (N) y Conductor de protección a Tierra (CP), separados. Es obligatorio en redes con conductores < 10 mm² de cobre.

Sub-esquema TN-C-S: La utilización del sub-esquema (TN-S) se hace siempre aguas abajo del sub-esquema (TN-C)

Cuadro 2.2 Conexión a Tierra

Código de Conexión	Conexión Neutro Transformador de Tierra	Conexión Neutro y de Protección	Conexión Masas de la Utilización		Observaciones Conexión Coexistencia
			Al Neutro	A Tierra	
TT	SI	Sólo Neutro	NO	SI	Coexistente
TN-C	SI	Coincidentes	SI	NO	Coexistente y TN-S sólo A, debajo de TN-C
TN-S	SI	Separados	SI	NO	
IT	NO	No Existe	NO	SI	Coexistente

2.6.2 Características de los Esquemas de Conexión.

Cada uno de los Esquemas de Conexión a Tierra, puede aplicarse a toda una instalación eléctrica en Baja Tensión; no obstante, aguas abajo pueden utilizarse también otros esquemas en forma complementaria.

a. Esquema TN: Puesta a Neutro de las Masas.

Al ocurrir una falla del aislamiento, la corriente de falla sólo es limitada por la Impedancia de los conductores que forman el lazo de la falla.

Si se admite que la Impedancia aguas arriba de la falla provoca una caída de tensión próxima al 20% de la Tensión Fase-Tierra nominal, entonces la d.d.p. en el punto de falla respecto de Tierra será peligrosa, del orden del 50% del valor nominal, cuando las Resistencias de los conductores de protección y de fase son iguales.

Según lo cual, se debe asegurar la desconexión inmediata de la sección afectada, por medio de un Interruptor de Potencia, dado que la falla equivale a un cortocircuito Fase-Neutro.

b. Esquema TT: Puesta a Tierra del Neutro.

Al ocurrir una falla del aislamiento, la corriente de falla es limitada por las resistencias del circuito hacia tierra; asumiendo que dicha resistencia representativa es cero, la corriente de falla solo dependerá de las resistencias de puesta a tierra de la fuente y de la protección de las masas, produciendo una Tensión proporcional a la resistencia de puesta a tierra de protección (<10 Ohm), con una magnitud del orden del 50% de la tensión nominal fase-tierra que será peligrosa.

Según lo cual se debe asegurar una desconexión automática de la sección afectada de la instalación, mediante un Interruptor Diferencial Residual, dado que la corriente de falla es inferior a la de ajuste de un Interruptor de Potencia; asimismo, aguas abajo también podrán utilizarse Interruptores Diferenciales Residuales.

c.- Esquema IT: Neutro Aislado o Impedante.

Normalmente el neutro aislado significa que la red está en conexión flotante a través de la impedancia de fuga; en la práctica, para fijar el potencial respecto de tierra, es necesario insertar una Impedancia entre el neutro del trafo de potencia y tierra (neutro impedante).

Las fallas estando el Neutro aislado, dan bajas corrientes de falla dependientes de la Resistencia de contacto, originando también bajas Tensiones de Falla que pueden variar según que el Neutro sea distribuido o no; en ambos casos no resultan peligrosas.

Las fallas a través del Neutro Impedante se calculan con Impedancias 50% por debajo de la Impedancia de Fuga (con Neutro Aislado), lo cual permite obtener Tensiones de Falla débiles y por lo tanto no peligrosas.

Según lo cual, la instalación puede mantenerse en servicio, aún con una falla Fase-Tierra, debiendo estar advertidos de ello por un Controlador Permanente de Aislamiento, de modo que pueda eliminársela antes que ocurra una segunda falla desde una fase sana, que puede conducir a:

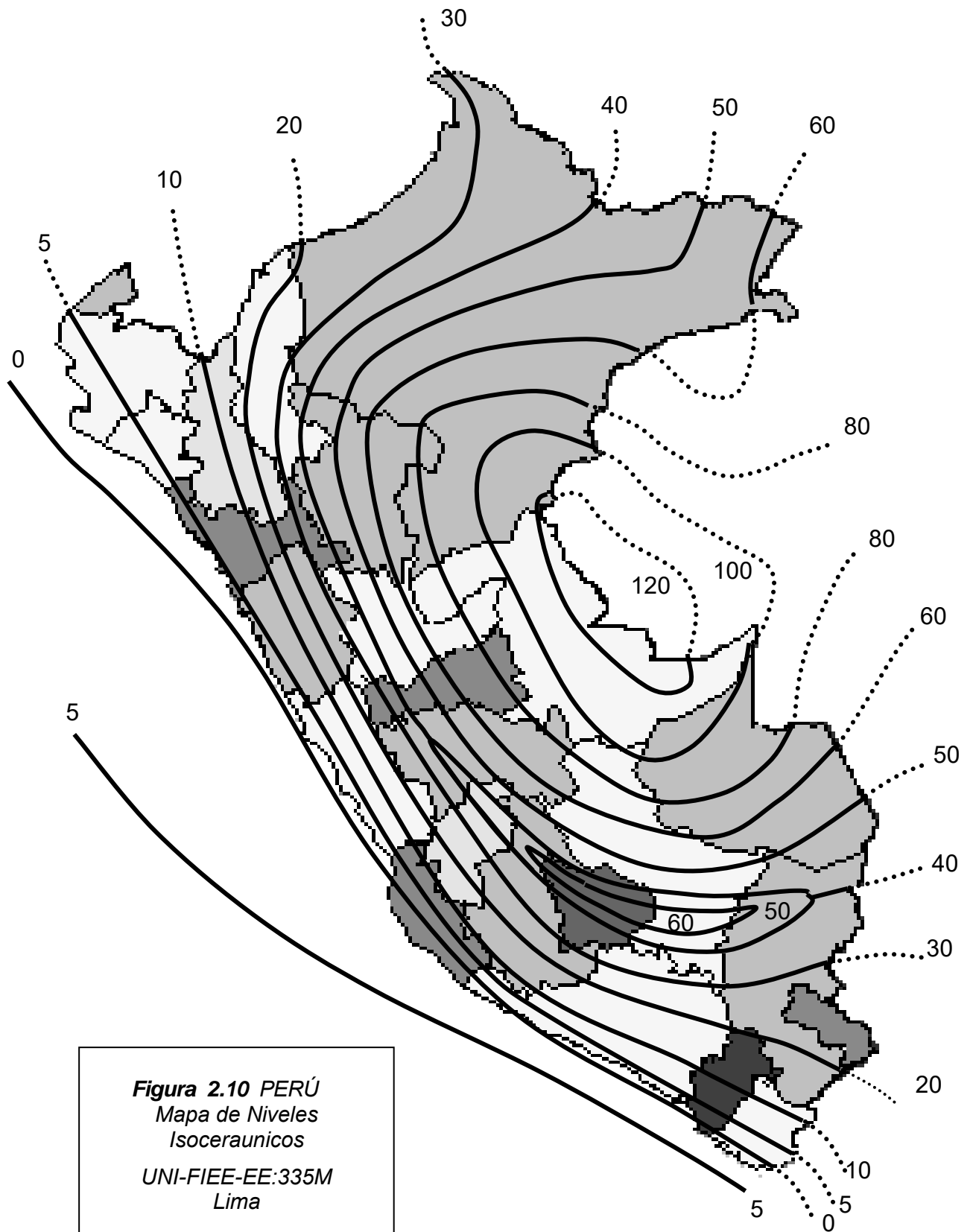
- Corto Circuito Fase – Fase a través del Conductor de Protección hacia Tierra, que al estar todas las masas interconectadas, se debe interrumpir con Interruptores de Potencia Temporizados.

- Corto Circuito Fase – Fase existiendo Masas no Interconectadas; en este caso los circuitos con la masas Puestas a Tierra se protegerán con un Interruptor Diferencial Residual (Individualmente o en grupo) pudiendo selectivizarse.

2.7 LA INCIDENCIA DE ONDAS IMPULSIONALES.

La fuente de alimentación de las instalaciones de Baja Tensión constituye también una fuente común para la transferencia de sobretensiones en los circuitos de la utilización, del mismo modo ocurre con los cables de energía, por cuyo intermedio pueden ingresar disturbios en forma de ondas de Corriente proviniendo de diferentes fuentes que actúan directa o indirectamente, como son:

- Descargas atmosféricas en los Sistemas de Distribución, la onda de corriente se propaga y daña los componentes sensibles.
- Descargas atmosféricas indirectas inducen ondas de corriente en los cables de señal que ingresan a los edificios, donde se acoplan a los ductos.
- Ondas de Sobretensión provenientes de la interrupción de grandes corrientes ocasionan en la fuente efectos inductivos que se transfieren a la Baja Tensión.
- Ondas de Sobretensión que se producen en el accionamiento de máquinas Eléctricas grandes de la utilización, especialmente cuando el motor está caliente.
- Ondas de Sobretensión de origen local que se producen en la utilización, debido al funcionamiento de los electrodomésticos manualmente o vía termostato.



2.8 LA CATEGORIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES

Las Normas Internacionales establecen categorías de aislamiento, al dividir las instalaciones eléctricas hacia el lado del usuario final, en secciones sobre las cuales se reconocen normalmente tres Niveles de Exposición bajo, medio y alto a disturbios externos o de la Red, que afectan la acometida y las instalaciones internas.

El estándar CEI-664-1, define para los componentes y equipos una clasificación en cuatro categorías, asignando los respectivos niveles básicos de aislamiento mediante tensiones impulsionales de sostenimiento; asimismo define las distancias mínimas de aislamiento en el aire.

- La Categoría IV.- Recibe las mayores solicitaciones de sobretensión, se halla en el lado de la fuente, aguas arriba del Tablero de distribución, esta expuesto a Rayos directos o indirectos.
- La Categoría III.- Está constituida por el Propio Tablero de Distribución y los subalimentadores troncales o principales, le favorece la Impedancia de los cableados aguas abajo.
- La Categoría II.- La conforman los subcircuitos largos y los circuitos de Tomacorrientes en función de su distancia a las Categorías III (>10m) y IV (>20m), las sobretensiones llegan atenuadas.
- La Categoría I.- Abarca los equipos pre protegidos, tanto eléctricos como electrónicos, conectados en los circuitos para su funcionamiento, las sobretensiones que se propagan se aplanan y alargan.

Se requiere conocer para cada zona de una instalación, el nivel de exposición a las sobretensiones impulsionales y la categoría a la que pertenece, para elegir el nivel de protección adecuado.

La mayoría de las instalaciones de interior o de usuario final, caen en el rango de media o baja exposición, salvo que estén muy alejadas o en una zona de alta tasa de caída de rayos.

- Zona de Exposición Alta.- Instalaciones en zonas abiertas expuestas directa o indirectamente al impacto de Rayos y/o también a severas sobretensiones de maniobra no usuales.

- Zona de Exposición Media.- Instalaciones en zonas de nivel isoceraunico medio o alto (>15) y/o expuestas a frecuentes maniobras con grandes cargas capacitivas.
- Zona de Exposición Baja.- Instalaciones en zonas poco expuestas a Rayos, con nivel isoceraunico bajo (<15) y/o con maniobras con pequeñas cargas.

Cuadro 2.3 Tensiones impulsionales y distancias en el aire para equipos alimentados directamente en 220 V.

Categoría de Sobretensiones Soportables por los Equipos	Aislamiento y Pruebas TI (V_{cresta})	Distancia en el Aire (mm)	
		Mínimo (*)	Máximo (**)
Categoría IV: Llegada de las Instalaciones; Contadores de Energía, Fusibles, etc	6000	5.5	5.5
	7400		
Categoría III: Equipos y Accesorios fijos; Tomacorrientes, Interruptores, etc	4000	3.0	3.0
	4900		
Categoría II: Equipos Consumidores; Aparatos Electrodomésticos y Similares	2500	1.5	1.6
	2900		
Categoría I: Equipos Pre-protegidos; Circuitos Electrónicos Protegidos, etc.	1500	0.5	1.6
	1800		

(*) Zonas Secas o de Baja Contaminación No Conductiva

(**) Zonas Húmedas con Altas Contaminación Conductiva

TI (V_{cresta}) : Onda de Tensión Impulsional 1.2 / 50 μ s

2.9 PROTECCIÓN CONTRA ONDAS DE TENSIÓN IMPULSIONAL

Las instalaciones eléctricas de Media y Baja Tensión expuestas a la incidencia de tormentas, aún con niveles isoceraunicos bajos, van a sufrir esporádicamente los efectos de los impactos directos o indirectos de los Rayos, y también los efectos de las maniobra que idénticamente se propagan como sobretensiones impulsionales unidireccionales que ponen en peligro el aislamiento, por lo que deben ser afrontados con una adecuada protección.

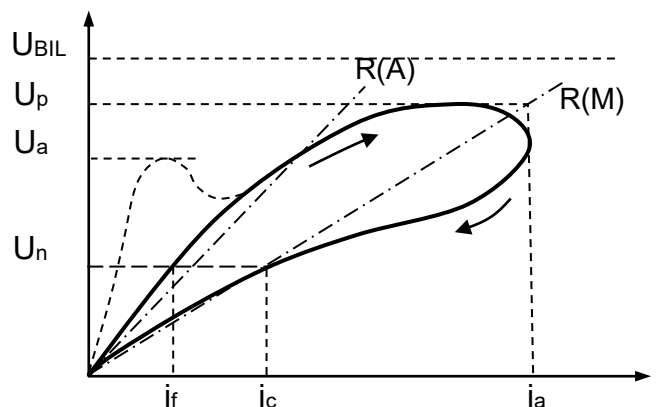
2.9.1 El Principio de Funcionamiento de la Protección.

Dado que los fenómenos de Sobretensión Impulsional ocurren muy rápido en la escala de los microsegundos, ningún Relé convencional tendrá la posibilidad de detectarlos, será necesario contar con dispositivos que cumplan condiciones básicas especiales juntamente a su rol protector.

- Derivar la Sobretensión Impulsional a Tierra, sin dar lugar a Fallas Fase – Tierra, ni funcionamiento de Relés ni Interruptores.
- Cortar antes del paso por cero la Tensión y la Corriente consecutivas que siguen a la corriente de descarga que se canaliza a Tierra.
- Presentar una Tensión de encendido independiente de la forma de onda de sobretensión incidente, y una Tensión Residual suficientemente baja para no provocar reencendidos.
- Tener gran capacidad de disipación térmica, rápida predisposición a nuevos funcionamientos y suficiente robustez que le permitan durabilidad.

Los dispositivos de protección a varistor, son autovalvulares de característica no lineal y solo conducen bajo condición de sobretensión unidireccional incidente, una vez que ésta alcanza la magnitud límite de encendido y canaliza consecutivamente la corriente de disturbio, sin permitir el paso de la corriente alterna, eliminando solo la sobretensión y sus etapas de propagación; pueden funcionar muchas veces antes de fallar sacrificándose.

Figura 2.11 Funcionamiento de la protección contra ondas de tensión impulsional



- Para fines de Protección en circuitos de Distribución en media Tensión, solamente existen dos opciones tecnológicas a varistor; la que utiliza semiconductor de Oxido Metálico y se inserta directamente, y la que utiliza semiconductor de Carburo de Silicio con inserción mediante explosor; aparte ello está la opción rudimentaria basada en los explosores de brecha de aire, cuyo mínimo costo esporádicamente se penaliza con funcionamientos que derivan en falla Fase – Tierra; la mejor elección será de Apartarrayos de Oxido Metálico, por no tener retardo de funcionamiento.
- Para fines de Protección en circuitos de Distribución en Baja Tensión, también hay diferentes opciones tecnológicas, siendo la principal los Limitadores de Sobretensión a varistor de Oxido Metálico cuyo funcionamiento es el ya conocido, y de otro lado los supresores de picos, que están integrados por filtros limitadores y varistores que pueden necesitar de un transformador conectado a Tierra para bloquear las perturbaciones en AF de modo diferencial y las Sobretensiones BF de modo común.

2.10 LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES IMPULSIONALES

Pertenece al grupo de protección secundaria de los sistemas eléctricos, encargándose de atajar Sobretensión de los efectos de las Sobretensiones de Rayo y de Maniobras; los dispositivos que se utilizan reciben el nombre de Limitadores de Sobretensión o también Pararrayos.

a. Elección de la Protección Para Baja Tensión.

Normalmente se utilizan dispositivos a varistor de Óxido de Zinc denominados Limitadores de Sobretensión y se les especifica en función de sus parámetros de protección que están asociados a tensiones residuales que entregan al ser sometidos a las tensiones impulsionales de prueba.

Existe una gran variedad de formas especiales para su instalación en Tablero de Distribución, montaje en carril y empotrables en caja de tomacorrientes, para permitir descarga de corrientes desde 1 hasta 65 KA, con niveles de protección variable de 1500 a 2000 V.

Los protectores denominados Apartarrayos se utilizan en las Redes con neutro Aislado o Impedante (IT) instalados en la salida del Transformador MT/BT, para derivar a Tierra sobretensiones de gran energía con corrientes elevadas.

- **La Tensión de Operación Continua.**

La protección de los limitadores de Sobretensión se hace en función del tratamiento de las Sobretensiones en modo diferencial, asignando la atención de operación continua, con una magnitud superior a la tensión nominal de servicio del circuito.

Entre conductores activos y tierra.

$U_{op} > 1.50 U_n$: Con Esquemas TT y TN

$U_{op} > 1.73 U_n$: Con Esquemas IT (uso obligatorio)

Entre conductores de Fases y Neutro

$U_{op} > 1.10 U_n$: Con cualquier Esquema

- **La Tensión Residual.**

Se compara con el nivel de aislamiento, debiendo ser mucho menor que el 50% salvo casos específicos que señalan las Normas.

- **La Corriente de Descarga.**

Se especifica en función de la energía el disturbio que se estima debe ser canalizado a Tierra.

2.11 LOS ESQUEMAS DE CONEXIÓN A TIERRA CON PROTECCIÓN

Los componentes electrónicos e informáticos tienen una rigidez dieléctrica no siempre igual al exigido (1500 V), con el agravante que muchas veces deben ser utilizados en zonas calificadas con categorías III o IV, por lo que es necesario protegerlos de la incursión de sobretensiones en la cabecera de instalación.

Los esquemas de conexión a Tierra que contemplan las normas, no han sido diseñados específicamente para el propósito de la proyección contra sobretensiones Impulsionales, por lo que es necesario contar con recomendaciones adicionales en función de las características restringidas del sitio y de:

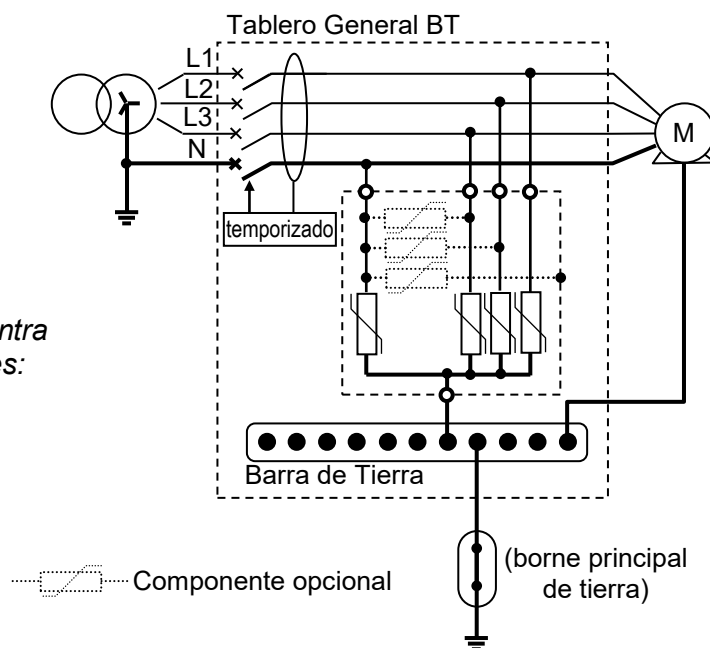
- La densidad Ceraúnica
- La susceptibilidad de los componentes
- Los esquemas de conexión a Tierra

2.11.1 Protección Secundaria en Esquema TT

El punto neutro de la fuente de alimentación está puesto a tierra en el sitio, mientras que para el resto de la instalación existe un circuito de protección con una Puesta a Tierra de seguridad separada, con un electrodo independiente no enlazado a la conexión del neutro en la fuente.

Los dispositivos de instalación se instalan en el Tablero de Distribución, aguas arriba de los Interruptores Diferenciales, entre Fases y Tierra (Barra) y adicionalmente entre el Neutro y Tierra (Barra), para proteger contra las Sobretensiones que ocurren en la Puesta a Tierra y amenazan con Disrupción Inversa.

Figura 2.12
Protección Contra
Sobretensiones:
Esquema TT



También se puede incluir unidades cruzadas entre fases y neutro, y protección adicional para contrarrestar las sobretensiones en modo diferencial, debido a la disimetría producida por el Aterramiento del Neutro en la fuente.

2.11.2 Protección Secundaria en Esquema TN – S

El punto neutro de la fuente de alimentación (no dispone de puesta a tierra propia) y la masa de la carga, están conectados a Tierra (en la utilización) a través del Circuito de Protección que corre independientemente del circuito del neutro en toda la instalación, lo cual es difícil de lograr dado que la distancia al neutro de la fuente se incrementa con el alejamiento de los puestos de utilización, mientras que del mismo modo crece la impedancia del Circuito de Protección.

El objetivo de proveer un circuito equipotencial de protección es difícil de lograr dado que las corrientes de falla pueden ocasionar una d.d.p. desde el Circuito de Protección propio hasta otro Circuito de Protección de la instalación.

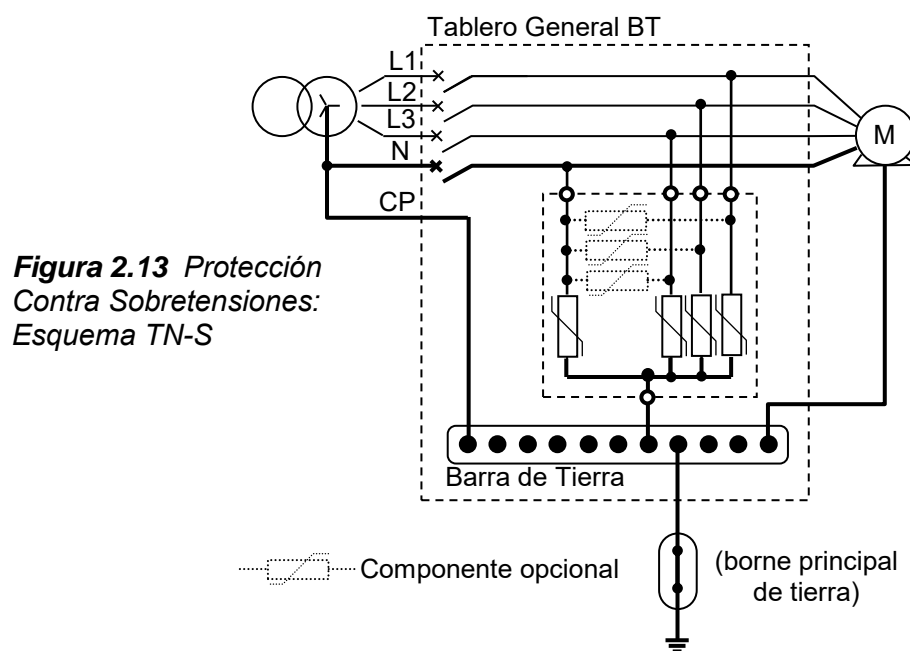


Figura 2.13 Protección Contra Sobretensiones: Esquema TN-S

Los dispositivos de protección se instalan en el tablero de distribución, aguas arriba de los Interruptores Diferenciales, entre fases y tierra (barra), y adicionalmente entre el neutro y la tierra (barra), para proteger contra las sobretensiones que ocurren en la puesta a tierra.

También se puede incluir unidades cruzadas entre fases y neutro, y protección suplementaria, para contrarrestar las sobretensiones en modo diferencial.

2.11.3 Protección Secundaria en Esquema TN-C-S

El circuito del Neutro y el Circuito de Protección están solidarios, conformando un conductor único, para obtener una Impedancia mucho más pequeña hacia la Puesta a Tierra local en la utilización, en lugar de la que podría resultar hacia el Neutro de la fuente, también tiene la ventaja de economizar un conductor.

En la práctica estos objetivos sólo se logran en parte de la instalación, por lo que aguas abajo ambos circuitos deberán diferenciarse, lo cual no cambia que en el Tablero de Distribución el Neutro sea enlazado a la Puesta a Tierra local formando el circuito de conexión a Tierra.

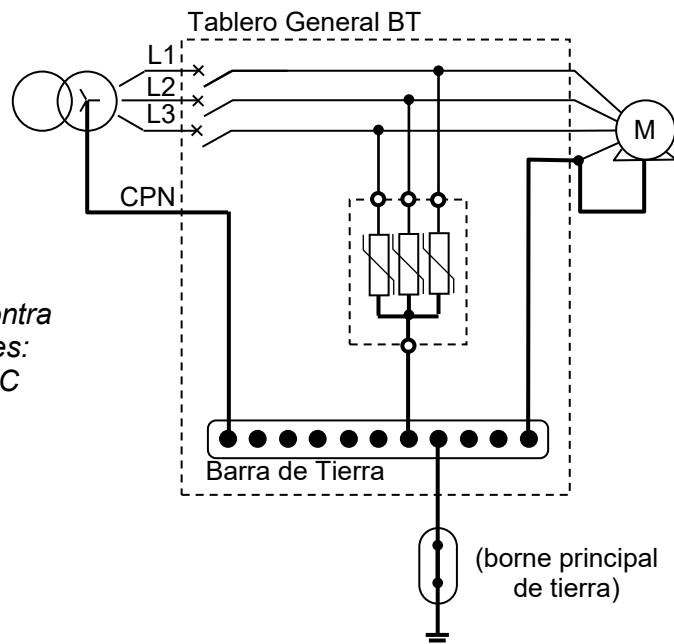


Figura 2.14
*Protección Contra Sobretensiones:
Esquema TN-C*

Los dispositivos de protección se instalan en el tablero de distribución, aguas arriba de los Interruptores Diferenciales, entre fases y tierra (barra); el esquema TN-C puro no requiere de unidades cruzadas ni de protección neutro –tierra porque en principio la equipotencialidad se cumple.

2.11.4 Protección Secundaria en Esquema IT

El punto neutro del transformador está aislado de tierra, en la práctica la unión a tierra ocurre a través de las capacitancias parásitas de los conductores y

equipos, a los cuales se agrega la impedancia del suelo, mientras que en el lado de la utilización, las masas están conectadas a tierra a través del circuito de protección.

Dicho esquema se utiliza en instalaciones en las que la puesta a tierra es lejana y no puede ser conectada por propiciar una impedancia grande y para evitar mayores peligros en caso de interrupción de dicha conexión; por lo que se prefiere dotar a la carga de una Puesta a Tierra próxima.

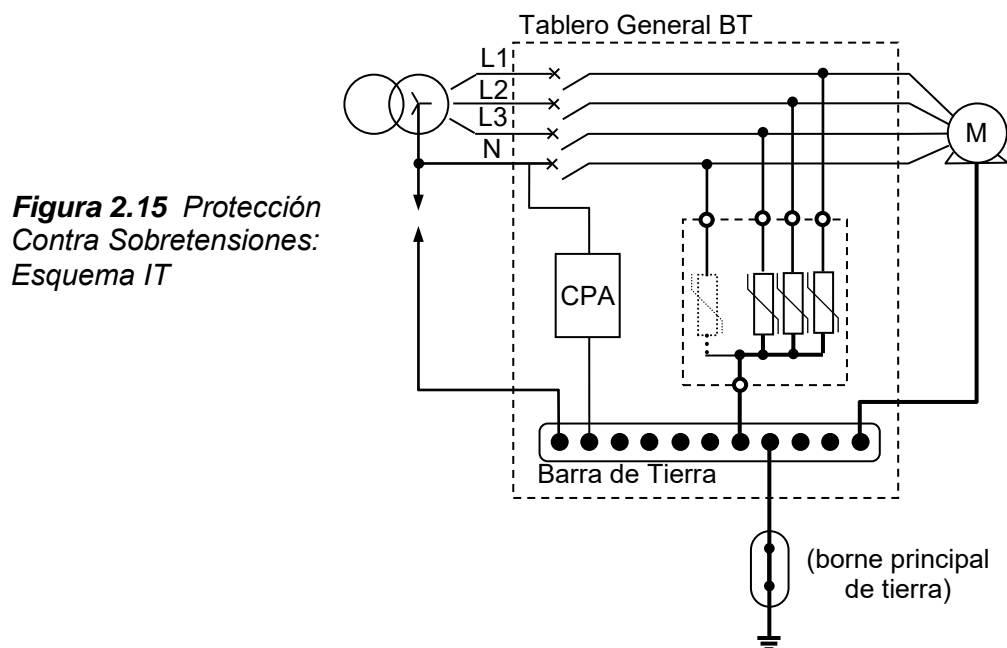


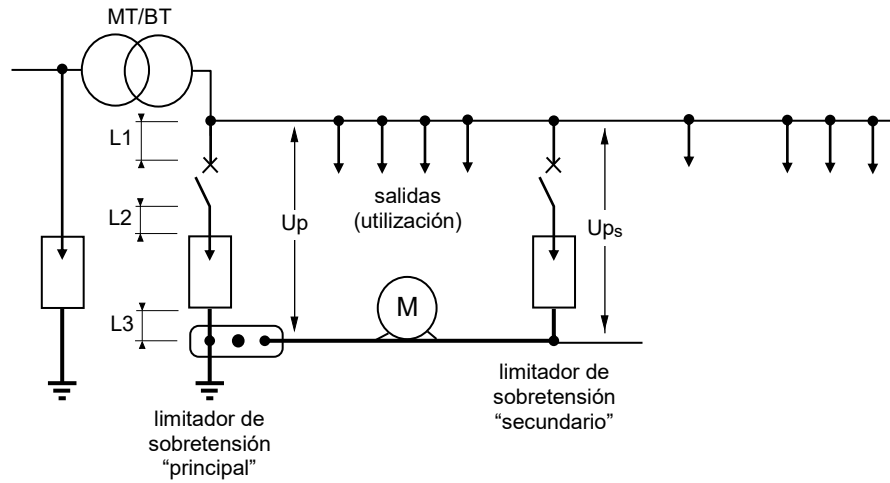
Figura 2.15 Protección Contra Sobretensiones: Esquema IT

Los dispositivos de protección se instalan en el Tablero de Distribución, son de uso obligatorio y se ubican aguas arriba de los Interruptores Diferenciales; la conexión es entre Fases y Tierra (Barra), y adicionalmente entre Neutro y Tierra (Barra), para proteger contra las Sobretensiones que ocurren en la Puesta a Tierra; también se deben considerar los eventuales desbalances en las Tensiones de Fase que se presentan con las Fallas Fase – Tierra, insertando un Limitador de Sobretensión en la conexión impedante.

2.11.5 Disposición de la Protección Secundaria

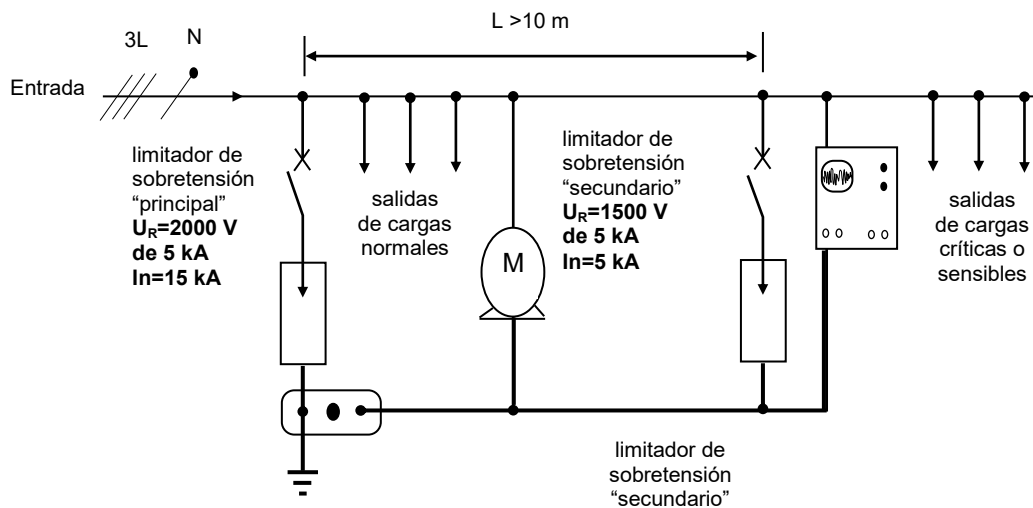
- a) **Protección Contra Sobretensiones en una Instalación de Baja Tensión.**

Figura 2.16 Protección Contra Sobretensiones en B.T.



b) Protección Contra Sobretensiones con Varistores en Cascada en una Instalación de Baja Tensión.

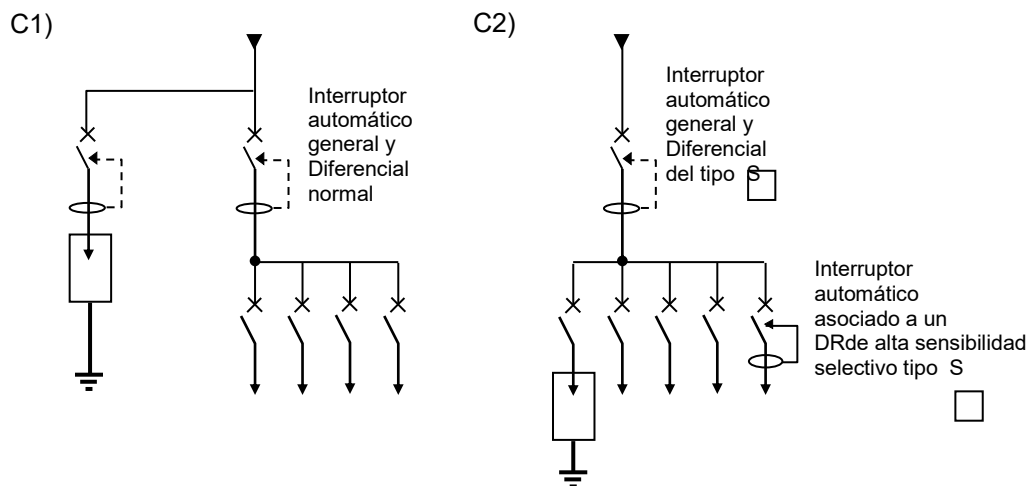
Figura 2.17 Protección Contra Sobretensiones con varistores en Cascada.



c) Coordinación del Limitador de Sobretensión con dispositivos de protección diferencial

- c1) Limitador aguas arriba del diferencial: En cabecera de la instalación hay un interruptor automático seguido por un interruptor diferencial, el limitador se conecta entre los dos dispositivos
- c2) Limitador aguas abajo del diferencial: Es necesario usar un diferencial selectivo, tipo “S” o con retardo, de tal manera que la corriente que fluya hacia tierra a través del limitador no produzca disparos indeseados del diferencial.

Figura 2.18 Localización del Limitador de Sobretensión a Varistor

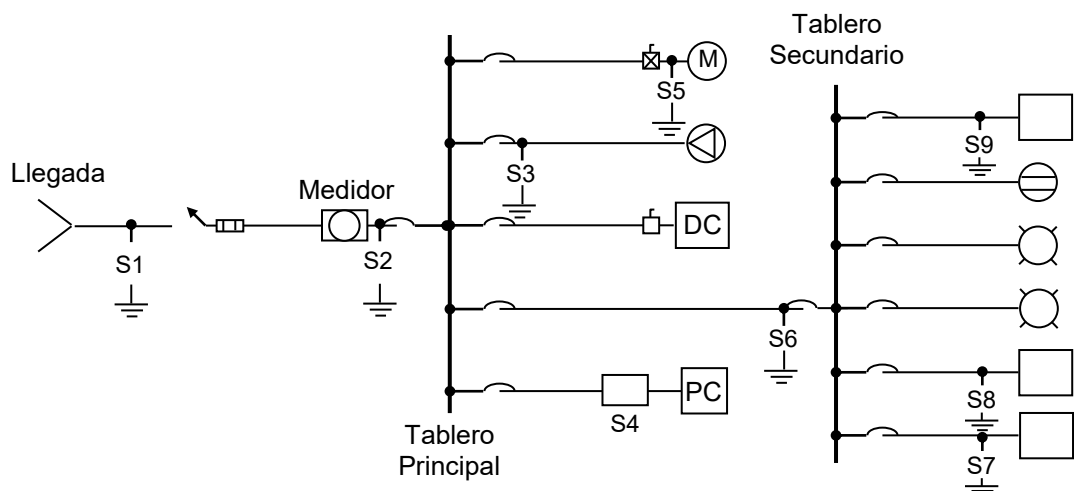


C1.- Montaje Simple con Protección Diferencial Única

C2.- Montaje Selectivizador con Salidas con Protección Diferencial

d) Disposición de la Protección Contra Sobretensiones Impulsionales

Figura 2.19 Protección Contra Sobretensiones Impulsionales (referencial)



2.12 DISEÑO DE LA SECCION DE LOS CONDUCTORES DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS

Para el dimensionamiento de los cables de los diferentes circuitos derivados sea para alumbrado, tomacorrientes, Equipos de comunicaciones, se usará el método de las corrientes y caídas de tensión usando las ecuaciones que se muestran en el Cuadro 2.4

Cuadro 2.4 Fórmulas para hallar el dimensionamiento de los conductores

	LINEAS TRIFASICAS	LINEAS MONOFASICAS
Por corriente (I)	$I = \frac{P}{1.73 * V * \text{COS}(\Phi)} \quad (4.1)$	$I = \frac{P}{V * \text{COS}(\Phi)} \quad (4.2)$
Por caída de tensión (e)	$e = \frac{1.73 * I * L * \rho}{S} \quad (4.3)$	$e = \frac{2 * I * L * \rho}{S} \quad (4.4)$

Donde:

- I : Corriente a transmitir en el conductor alimentador en Amperios.
- P : Potencia en Wats.
- E : Caída de tensión desde el principio al final de la línea en Voltios.
- ρ : Resistividad del conductor: 0.0175 ohm-mm² / m, para el cobre.
- V : Tensión de servicio en voltios.
- L : Longitud de la línea en metros.
- S : Sección del conductor alimentador en mm²
- COS (Φ) : Factor de potencia.

2.13 CALCULO DE CORTOCIRCUITO

Este Cálculo se realizara para determinar el poder de corte, que debe tener el interruptor automático, ante una anomalía en la línea, para que el dispositivo sea capaz de proteger la instalación

En los circuitos trifásicos con neutro (que es el caso de nuestro estudio), se presentan tres tipos de falla que son:

- Fase – Fase
- Fase – Neutro
- Tres fases

Para realizar los cálculos se tomara el caso más desfavorable para la instalación, es decir el defecto trifásico fase – fase – fase.

El procedimiento del cálculo que a continuación se muestra es simplificado, teniendo como consulta las normas y la hipótesis sobre la cual se basa estos cálculos es tal que la corriente de corto circuito real estará por debajo de la corriente de corto circuito calculada.

El método consiste en:

- 1) Hacer la suma de las resistencias y reactancias situadas aguas arriba del punto considerado.

Ecuación 2.1

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \dots \dots$$

Donde:

R_t = Resistencia total expresada en m Ω .

Ecuación 2.2

$$X_t = X_1 + X_2 + X_3 + \dots \dots \dots$$

Donde:

X_t = Reactancia total expresada en m Ω .

Ecuación 2.3

$$Z_{cc} = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

Donde:

Z_{cc} = Impedancia de cortocircuito

- 2) Calcular:

Ecuación 2.4

$$I_{cc} = \frac{V}{\sqrt{3}Z_{cc}} [\text{KA}]$$


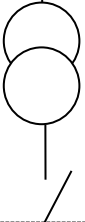

Donde:

I_{cc} = Corriente de cortocircuito en [KA]

V = Tensión entre fases del transformador en vacío del lado de baja tensión en voltios.

Para determinar las resistencias y reactancias en cada parte de la instalación se utilizaran las siguientes ecuaciones dadas en el cuadro 2.5.

Cuadro2.5 Ecuaciones para resistencias y reactancias

	$R_1 = Z_1 \cos \phi * 10^{-3}$ $Z_1 = \frac{V^2}{P_{cc}}$	$X_1 = Z_1 \sin \phi * 10^{-3}$	Red aguas arriba
	$R_2 = \frac{W_c V^2 * 10^{-3}}{S^2}$	$X_2 = \sqrt{Z_2^2 - R_2^2}$ $Z_2 = \frac{V_{cc} V^2}{100 * S}$	Transformador
	$R_3 = \frac{\rho L}{A}$	$X_3 = \chi * L$	En cables

Donde:

R_1 : Resistencia de la línea aguas arriba [mΩ]

X_1 : Reactancia de la línea aguas arriba [mΩ]

Z_1 : Impedancia de la línea aguas arriba [mΩ]

R_2 : Resistencia equivalente en el sec. del transformador [mΩ]

X_2 : Reactancia equivalente en el sec. del transformador [mΩ]

Z_2 : Impedancia equivalente en el sec. del transformador [mΩ]

R_3 : Resistencia de la línea BT [mΩ]

χ : Reactancia específica inductiva en tubo conduit – PVC
[mΩ / m]

X_3 : Reactancia inductiva de la línea BT [mΩ]

- S : Potencia aparente del transformador [KVA]
V : Tensión entre fases lado secundario [V]
V_{cc} : Tensión de corto circuito del transformador [%]
P_{cc} : Potencia de corto circuito [MVA]
W_c : Perdidas en el cobre del transformador [W]
ρ : Resistividad de la línea BT [mΩ-mm² / m]
(para el cobre : 0.0175 mΩ-mm²/m)
L : Longitud de la línea BT [m]
A : Sección de la línea BT [mm²]

2.14 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

2.14.1 Sistema de Puesta a Tierra para Telecomunicaciones

Este sistema debe ofrecer un camino seguro para las descargas de corrientes de fallas, descargas de rayos, descargas estáticas y señales de interferencia electromagnética y radio frecuencia (EMI y RFI). Se sugiere instalar una puesta a tierra para el equipamiento y otro puesta a tierra para los pararrayos.

2.14.2 Resistividad del Terreno

La resistividad de los suelos se expresan en Ω-m, Ω-cm ó Ωmm, que corresponde a la resistencia que presenta un cubo de 1 m³ de suelo, entre sus paredes laterales (aristas) y se representa por la letra griega ρ.

Ecuación 2.5

$$R = \rho \frac{l}{S} (\Omega)$$

Ecuación 2.6

$$\rho = \frac{RS}{l} (\Omega\text{-m})$$

Donde:

R = Resistencia en (Ω)

ρ = Resistividad en (Ω-m)

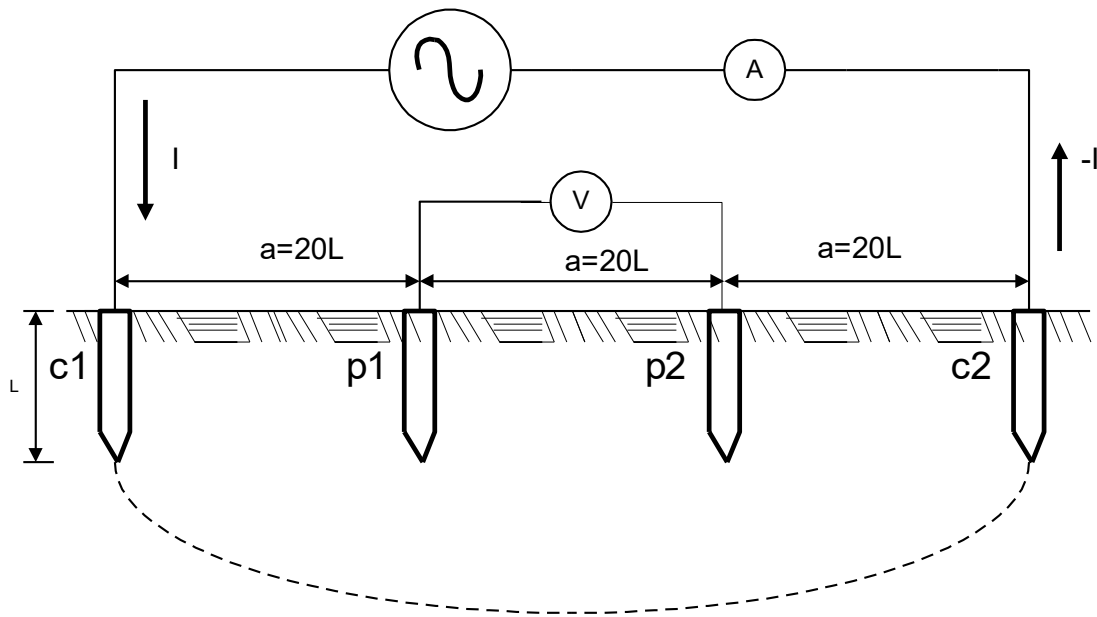
l = Longitud en (m)

S = Sección en (m²)

2.14.3 Método Wenner para la medición de Resistividad

La resistividad del terreno para medir por el método Wenner, los cuatro electrodos se colocan en una línea recta con igual separación y profundidad de penetración en el terreno.

Figura 2.20 Medición de la resistividad por el método wenner (simetría de espaciamento de los electrodos)



Calculo de la resistividad para la configuración de Wenner

Ecuación 2.7

$$\rho = \frac{4 \pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

Donde:

R = Resistencia en (Ω)

ρ = Resistividad en ($\Omega \cdot m$)

l = Longitud en (m)

a = Distancia entre electrodos (m)

b = Profundidad de penetración de los electrodos (m)

Procedimiento practico de Winner : si $b < a$, en nuestro caso $b = L$ entonces $a > 20L$

Ecuación 2.8

$$\rho_a = 2 * \pi * a * R \rightarrow \Omega - m$$

Donde:

ρ_a = Resistividad aparente

a = Separación entre electrodos de exploración

L = Profundidad de enterramiento del electrodo de referencia

R = V/A resistencia medida

Cuadro 2.6 Valores típicos de resistividad de algunos terrenos.

Tipo terreno	Resistividad (ohm – metro)
Agua de mar	0.1 - 1
Tierra vegetal arcilla húmeda	5 - 50
Humos	0 - 150
Arcilla, arena y grava	40 - 250
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 - 500
Piedra caliza cristalina	300
Roca	1000 - 10000
Roca ígnea	2000
Concreto seco	2000 - 10000
Concreto húmedo	30 - 100
Hielo	10000 - 100000

Fuente: Puesta a Tierra.- Guerrero M.José

2.15 ELEMENTOS DE SUPRESIÓN TRANSITORIOS

2.15.1 Limitadores

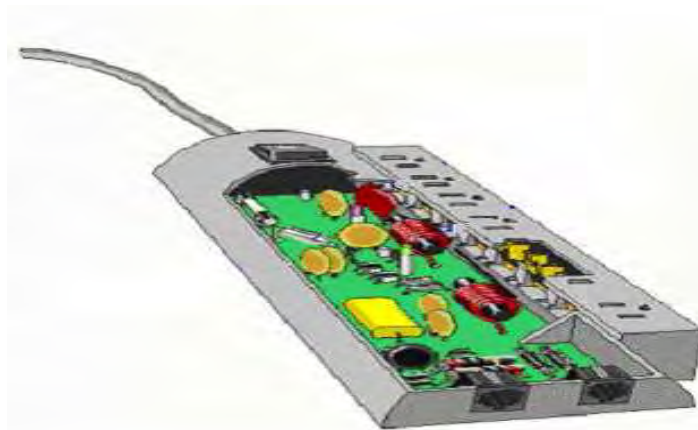
Componente electrónico, cuya resistencia óhmica depende de la tensión que se aplique a sus bornes. Actúa como dos diodos zener en oposición. Se construyen con materiales semiconductores, generalmente de carburo de silicio, y tienen diversas aplicaciones, entre las cuales cabe citar la limitación de tensión en las bobinas de relés, en telefonía para la eliminación de las chispas que se producen en los contactos y entre los terminales del arrollamiento

primario de un transformador de potencia para evitar que al equipo le entren picos de red.

2.15.2 Protector contra sobrecargas (Surge protector)

Protege el equipo electrónico contra voltaje excesivo (los puntos y las oleadas de la energía) en la línea de energía.

Figura 2.21 Surge protector



2.15.3 Protector sobretensiones (Surge arrestor)

Este dispositivo proporciona la protección creciente contra transeúntes del voltaje en las líneas de la fuente de alimentación. Utiliza la tecnología de estado sólido, que provee de oleadas del aligeramiento una trayectoria de la resolución del punto bajo de línea a línea, línea a neutro, o línea a la tierra, mientras que proporciona una alta resistencia a la energía de 60 Hz. El circuito electrónico no tiene una estructura del boquete, por lo tanto responde más rápidamente y tiene un voltaje que afianza con abrazadera más bajo. También, este dispositivo no ioniza, por lo tanto no se genera ninguna interferencia de la radiofrecuencia por su operación.

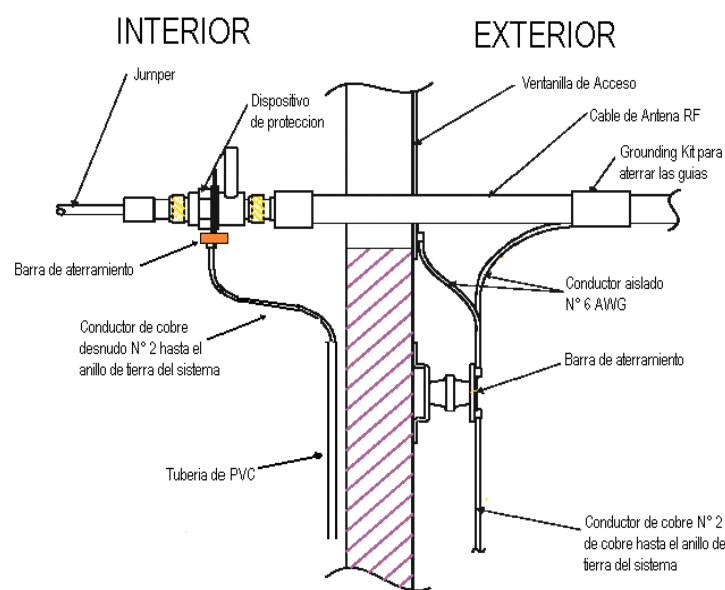
Figura 2.22 Modelo surge arrestor



2.15.4 Lighting Arrestor

Estos dispositivos son cápsulas de gas que desvían los excesos de corriente a tierra. Los lightning arrestor deben colocarse lo más cerca posible a la ventana de acceso de las guías (en la parte interna de la caseta) y deben estar correctamente conectados a tierra.

Figura 2.23 Lightning arrestor



2.16 SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

La instalación de un Sistema de Pararrayos minimiza o elimina los efectos de los rayos, para proteger en nuestro caso a los Equipos de la Estación Remota del Sistema de Comunicaciones Vía Satélite de la PNP – Cusco.

A medida que las ciudades han crecido, las personas están menos expuestas que antes a los rayos. Sin embargo, el hombre es cada vez más dependiente de equipos eléctricos y electrónicos, cuyo correcto funcionamiento puede ser severamente afectado por los rayos.

2.16.1 El rayo y sus efectos

El rayo resulta de la descarga de electricidad acumulada en las nubes cúmulos nimbos que forman un “capacitor” con el suelo.

El rayo es un fenómeno eléctrico de alta frecuencia que provoca peligrosas sobretensiones en todos los elementos conductores, especialmente en los cables y los receptores eléctricos.

2.16.2 Causas de las sobretensiones

- Descargas eléctricas atmosféricas
- Conmutaciones de maquinaria de gran potencia
- Cortocircuitos causados por la compañía eléctrica

2.16.3 Las sobretensiones en los equipos

A. Sobretensiones conducidas

Después de un impacto sobre o cerca de líneas aéreas de distribución o telefonía, los impulsos de corriente generados son propagados directamente hacia las viviendas, introduciéndose por los cables y dañando a los equipos.

B. Sobretensiones inducidas o radiadas

Un rayo que cae en algún lugar sobre la tierra es equivalente a una gran antena que irradia un campo electromagnético, los efectos son sentidos a cientos de kilómetros de distancia, induciendo corrientes transitorias y sobretensiones en cualquier cable próximo que se encuentre transmitiéndolas al interior de las instalaciones y dañando a los equipos.

C. Variaciones de Potencial de la puesta a tierra

La caída de un rayo sobre la tierra causa una corriente eléctrica que se propaga a través del suelo produciendo diferencias de potencial del orden de 500 V en un metro. Este efecto se manifiesta hasta a 100 metros de distancia del punto de impacto del rayo. Esto causa que las puestas a tierra de las instalaciones cercanas experimenten diferentes niveles de tensión, creándose sobretensiones en la instalación en baja tensión con los efectos destructivos mencionados. Estas son las llamadas "sobretensiones a través

de la tierra" y afectan a las redes con distribución tanto aérea como subterránea.

2.16.4 Consecuencias de las sobretensiones

Los efectos de las sobretensiones van desde la simple interrupción momentánea del trabajo a la destrucción total de un equipo sensible:

A. Disrupción

Interrupción de las operaciones de sistemas, pérdida y corrupción de datos, fallos inexplicables en los equipos.

B. Degradación

Una exposición a sobretensiones transitorias degradará, sin que el usuario lo perciba, los componentes electrónicos y los circuitos, reduciendo la vida efectiva de los equipos y aumentando las posibilidades de fallos.

C. Daños

Las sobretensiones transitorias de gran magnitud pueden dañar componentes, placas de circuitos, etc. llegando incluso a quemarlas y a destruir el equipo. Todos estos efectos conllevan la interrupción del funcionamiento de ordenadores, equipos especializados, automatismos, lo que significa en cualquier empresa la interrupción del trabajo habitual y con ello la pérdida de productividad, retrasos con los clientes, etc.

2.16.5 Pararrayos

En presencia de descargas atmosféricas, la presencia de una antena y su estructura soporte, puede que no incremente la probabilidad de que caiga un rayo en una localización en particular. Sin embargo, si el sitio o el área circundante es alcanzado por un rayo, la antena y su estructura soporte puede convertirse en el punto focal del rayo. Por lo tanto las consideraciones de puesta a tierra para protección de las estaciones radio eléctricas son extremadamente importantes.

Debe colocarse un conductor de pararrayos de cobre calibre No 2 AWG o mayor que esté conectado directamente al anillo de aterramiento de la torre mediante una soldadura exotérmica (Cadweld). El trayecto de este conductor debe ser el más recto posible, y debe evitarse cualquier curvatura indeseada que provoque que el sistema no sea efectivo. Las canalizaciones metálicas, cubiertas, estructuras y otras partes metálicas, de equipos eléctricos que no transportan corriente, se mantendrán a 1,80 metros de distancia, por lo menos, de las barras y conductores bajantes de puntas de pararrayos, o ellos serán puenteados a los bajantes de pararrayos en los lugares donde su separación es menor a 1,80 metros.

2.16.6 Tipos de Pararrayos

2.16.6.1 Punta Franklin

Su misión es provocar la excitación atmosférica por encima de cualquier otro punto de la estructura a proteger, para aumentar la probabilidad que la descarga incida en su zona de influencia, y derivar a tierra la corriente del rayo. Entre sus aplicaciones se tiene:

- Facilita la instalación de sistemas de protección externa en todo tipo de estructuras y edificaciones.
- Es el complemento ideal en sistemas de Malla.
- Estadísticamente se ha comprobado que su zona de protección se debe calcular aproximadamente en radio igual a su altura.
- El pararrayos Franklin es el sistema óptimo para proteger edificaciones donde la altura predomina a la superficie.

Una instalación típica comprende:

- Una varilla captadora, junto con su mástil.
- Uno o dos bajantes.
- Un desconector por bajante para la comprobación de la resistencia de la estructura.
- Un elemento protector contra golpes en los dos últimos metros del bajante conductor.
- Una toma de tierra por bajante.
- Unión equipotencial de las tomas de tierra y circuito general de tierras.

2.16.6.2 Pararrayos Ionizante

Se fabrica en bronce o acero inoxidable, y está basado en el efecto de puntas, dieléctrico, e ion corona. Su cobertura es igual o mejor a la punta Franklin, y se asemeja a una semiesfera centrada en el mismo.

El principio de protección es: partiendo del campo eléctrico ambiente existente en cualquier situación de tormenta, un dispositivo de cebado genera impulsos de alta tensión sobre los electrodos, provocando un efecto corona.

Produce una ionización dirigida hacia la nube, canalizando desde su origen, la posible descarga eléctrica.

Este efecto consiste en la descarga que se produce entorno a los puntos agudos de un cuerpo cargado a un alto potencial y se establece la corriente de descarga desde estos puntos a la atmosfera.

2.16.6.3 Jaula de Faraday

El sistema consiste en la recepción del rayo a través de un conjunto de puntas captoras unidas entre si por cable conductor, formando una malla, y derivarla a tierra mediante una red de bajantes conductores.

Múltiples puntas captadoras.

Red de unión de las diversas puntas.

Una bajante conductora por una punta captora

Una toma de tierra por bajante

Unión equipotencial de las tomas de tierra y circuito general de tierras.

2.16.7 Las Descargas Atmosféricas

Cuando el potencial eléctrico entre nube y tierra alcanza un cierto valor, de alrededor de 10.000 V, el aire deja de comportarse como aislante y comienza a hacerlo como conductor, siendo entonces atravesado, durante una fracción de segundo, por una enorme descarga eléctrica de unos 20.000 A y que en ocasiones puede alcanzar valores de hasta 200.000 Arealmente, cada rayo está compuesto por una secuencia de entre 2 y 5 descargas individuales con una duración de 20 a 50 mseg. La energía media por cada descarga es de uno 3.000 J (equivalente a una explosión de un kilo de dinamita).

La enorme cantidad de energía que libera un rayo hace que los mayores efectos del rayo sean los incendios y electrocuciones debidos a impactos directos. Pero, tal y como veremos, no son menos importantes los efectos interferentes en equipos eléctricos y electrónicos.

Existen más de 15 parámetros relacionados con las descargas eléctricas atmosféricas. De entre ellos, los más relevantes son:

- **Nivel Isoceráunico:** Es el número de días del año en los que, al menos, es oído un trueno. En algunas zonas del planeta el nivel isoceráunico puede llegar hasta 300.
- **Densidad de rayos a tierra (DRT):** es el número de rayos a tierra por kilómetro cuadrado al año. Es un parámetro complementario al nivel isoceráunico que permite cuantificar la incidencia de rayos en la zona.

Se calcula con la relación:

Ecuación 2.9

$$N_L = 0.04T^{1.35}$$

Donde:

T = es el nivel isoceráunico

N_L = descargas a tierra por km^2 en un año.

Para nuestro caso, el nivel isoceráunico varía de 40 a 80, por lo que tomamos el promedio que es de $T = 60$, (ver mapa de niveles isoceráunicos) en consecuencia:

$$N_L = 0.04(60)^{1.35} = 10 \text{ descargas eléctricas a tierra en un año.}$$

- **Polaridad del rayo:** signo de las cargas transferidas. Normalmente son electrones, pero en algunos casos pueden transferirse cargas positivas.
- **Impedancia del canal:** Se pueden considerar a la nube y a la tierra como placas de un condensador que se descargan a través de un canal con

una impedancia de unos 5 kW , de carácter inductivo debido a que la formación del canal requiere de un cierto instante de tiempo.

- **Corriente de pico:** es, junto al gradiente máximo de corriente del rayo, el parámetro más importante de una descarga. Resulta importante para el diseño de protección contra rayos.
- **Gradiente máximo de corriente del rayo:** $(di/dt)_{max}$, se utiliza para el cálculo de tensiones electromagnéticas inducidas que se presentan en los lazos metálicos, abiertos o cerrados, en cualquier instalación y son las causantes de daños de equipos electrónicos (televisores, teléfonos, equipos de comunicación, etc.).
- **Cuadrado de la corriente de impulso del rayo:** este parámetro se utiliza para el cálculo del calentamiento y los esfuerzos electromecánicos al circular la corriente del rayo por conductores metálicos de las protecciones primarias.

Los valores máximos que llegara alcanzar algunos de estos parámetros quedan reflejados en la siguiente tabla:

Cuadro 2.7 Valores máximos de parámetros de descargas atmosféricas.

Intensidad de pico = $I_{pico} = 100 \text{ kA}$
Gradiente máximo de subida = $(di/dt)_{max} = 100 \text{ KA/m s}$
Energía útil = $i^2(t) dt = 5 \text{ KA}^2\text{s}$

Fuente: Alta tensión, Yanque Montufar

La probabilidad de destrucción debida a un rayo es una combinación de la localización geográfica, la estructura geológica del suelo y la situación topográfica.

De esta forma, si se desea una protección completa, esta debería actuar ante una descarga de 100 KA, mientras que en un equipo que sea permisible el fallo deberá soportar corriente de pico de 6 A. La elección de un tipo de protección u otra dependerá del coste del sistema de protección y de las pérdidas que se tendrían si no se usan. En la siguiente tabla se muestra los valores que deberá soportar nuestro sistema de protección para unos niveles de seguridad medio y extremos:

Cuadro 2.8 *Valores que soporta un sistema de protección.*

Parámetro	Medio	Extremo
Corriente de pico (KA)	0 a 25	230
Gradiente de corriente (KA/m s)	8	50
Duración del rayo (seg.)	0.1 a 0.3	1.5
Duración de cada descarga (ms)	0.5 a 3	400
Intervalo de tiempo entre impulsos (ms)	30 a 40	500
Tiempo hasta el valor de pico (m s)	1 a 4	10
Número de descargas en un rayo	2 a 4	34

Fuente: Estudio Universidad Catalonia

CAPITULO III

ANALISIS Y EVALUACION DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA SISTEMA DE COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE

PARTE I.- EQUIPOS DE COMUNICACION

3.1 INTRODUCCIÓN

En la Policía Nacional del Perú, el sistema vía satélite da soporte a los requerimientos de información propios de la Institución en las diferentes dependencias policiales de la capital Lima y provincias para cumplir con el objeto de proporcionar seguridad y bienestar a la población.

En este capítulo se describirá y analizará los equipos utilizados en el sistema de comunicación vía satélite y los equipos de protección instalados.

3.2 CONFIGURACIÓN DE LA RED DE COMUNICACIONES

El sistema de comunicaciones vía satélite de la Policía Nacional del Perú es una red en estrella simple punto-multipunto, la cual está compuesta por un Hub o estación principal, ubicada en el Ministerio de Interior en la ciudad de Lima, y por 20 estaciones remotas ubicadas en las principales localidades distribuidas en todo el Perú de la siguiente manera:

I-DIRTEPOL PNP Piura.-Región – PNP Talara y Región-PNP Tumbes

II-DIRTEPOL PNP Chiclayo

III-DIRTEPOL PNP Trujillo

IV-DIRTEPOL PNP Tarapoto (San Martín).- Región – PNP Bagua Grande (Amazonas)

V-DIRTEPOL PNP Iquitos

VI - DIRTEPOL PNP Pucallpa

VIII-DIRTEPOL PNP Huancayo.- Región - PNP Huanuco

IX – DIRTEPOL PNP Ayacucho

X-DIRTEPOL PNP Cuzco.- Región - PNP Madre de Dios y Región - PNP Apurímac

XI-DIRTEPOL PNP Arequipa.- Región PNP Tácna

XII-DIRTEPOL PNP Puno

XIII-DIRTEPOL PNP Huaraz

XIV – DIRTEPOL PNP Cajamarca

Figura 3.1 Diagrama general de la Red Vía Satélite de la PNP

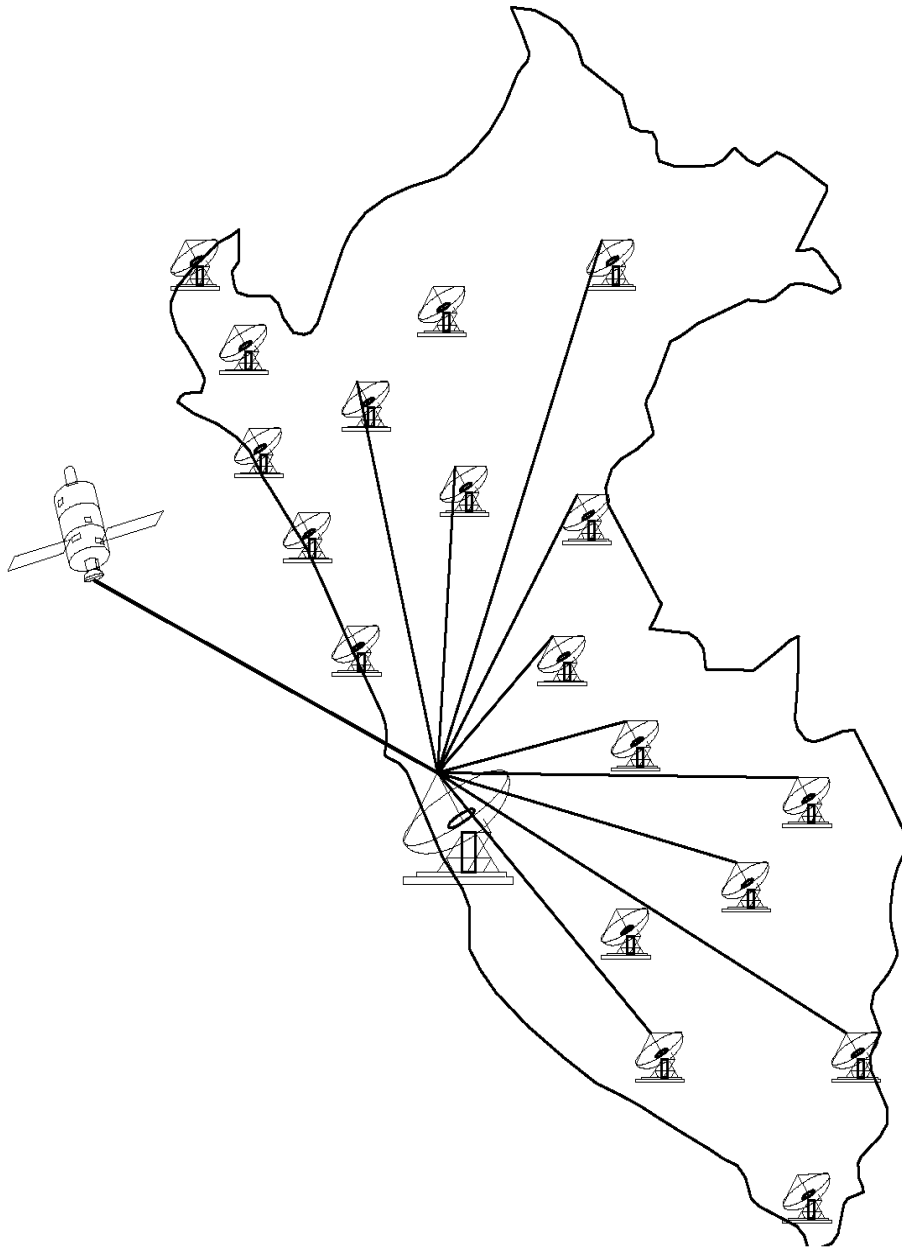
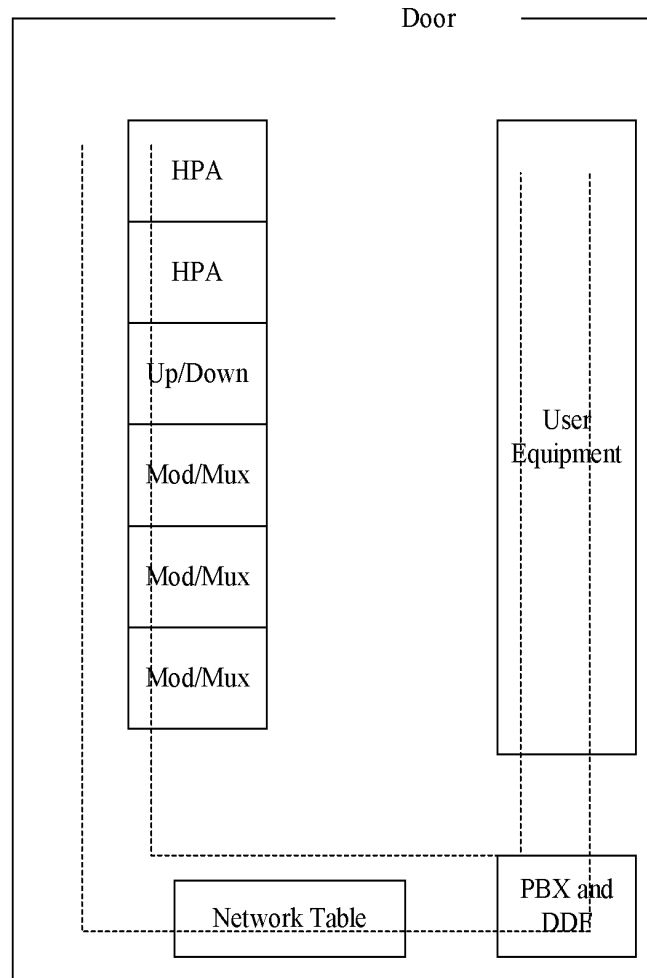


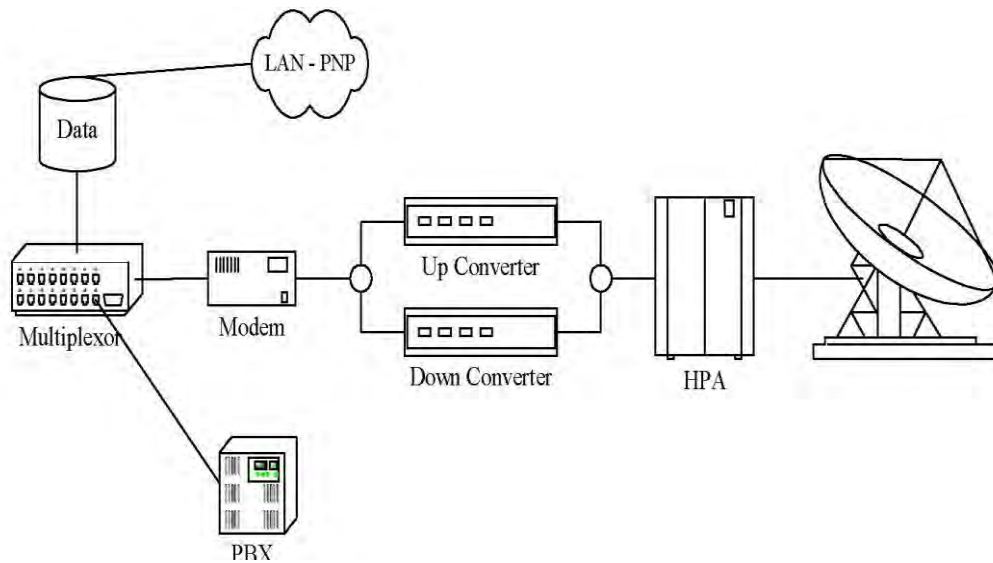
Figura 3.2 Caseta de Telecomunicaciones del Hub de la Red Vía Satélite



3.2.1 Configuración del HUB (Estación central Lima)

El Hub de la red vía satélite de la PNP está ubicado en la ciudad de Lima
Una aproximación inicial a la configuración de red del Hub propiamente dicha, lo constituye la siguiente gráfica:

Figura 3.3 Configuración de la Estación Central



Como se puede ver, esta configuración concuerda plenamente con la configuración típica de un Hub para comunicaciones por satélite es decir, desde los terminales de información (PBX y Servidores de Datos), que ingresan a un multiplexor para combinar las señales, llevarlas a una frecuencia intermedia (FI) y transmitir las hacia un Convertidor de Subida, el cual eleva la FI a una frecuencia propia para la transmisión vía satélite; a su vez esta señal llega al HPA, el cual proporciona a la señal la potencia necesaria para poder ser transmitida; y finalmente llega a la antena por la cual se transmite.

En la Figura 3.4 se puede observar la distribución del equipamiento de transmisión en los racks con que se cuenta en la caseta de comunicaciones, en el cual se tienen racks destinados a los módems y multiplexores; un rack para los convertidores, controlador de antena y LNA y otros dos racks para los dos amplificadores de potencia.

Finalmente, una descripción más detallada de la configuración de la estación central (diagrama de bloques) se muestra en la Figura 3.3. De aquí se puede observar claramente la configuración redundante (1+1) del HPA, LNA, Up Converter y Down Converter. Como se puede ver, este sistema conecta la antena al HPA (si es un enlace de subida) y/o al LNA (si es un enlace de bajada) los cuales están conectados en paralelo. También se puede notar que cada Modulador/Demodulador está

conectado a un multiplexor; esto implica que tanto la salida como la llegada de los datos multiplexados se realiza de manera independiente para cada estación; por consiguiente se tienen 20 multiplexores y 20 módems (uno por cada estación terrena) los cuales multiplexan y modulan las señales de voz y data de cada estación remota.

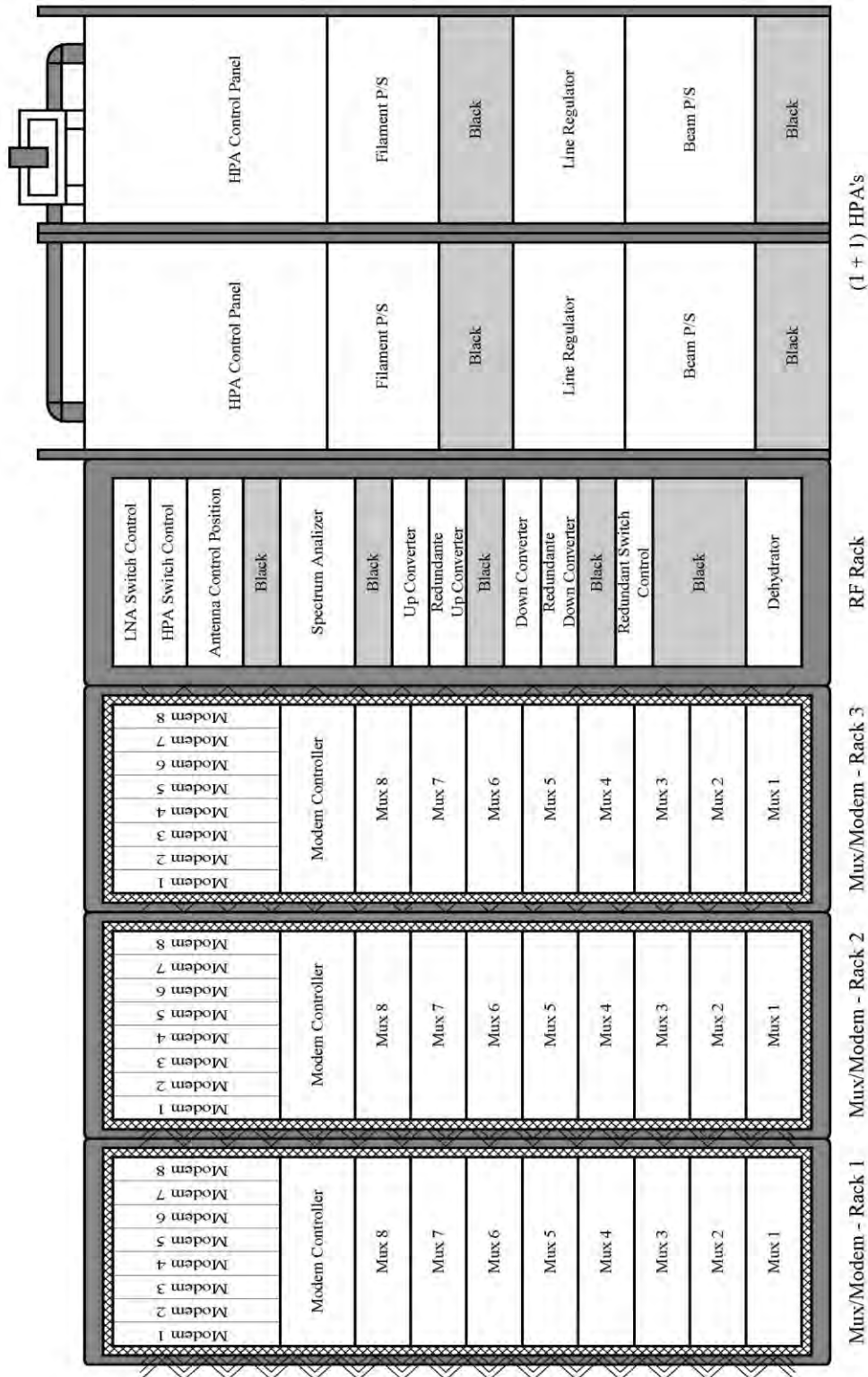


FIGURA 3.4 Distribucion del equipamiento de HUB en los Racks de Comunicaciones

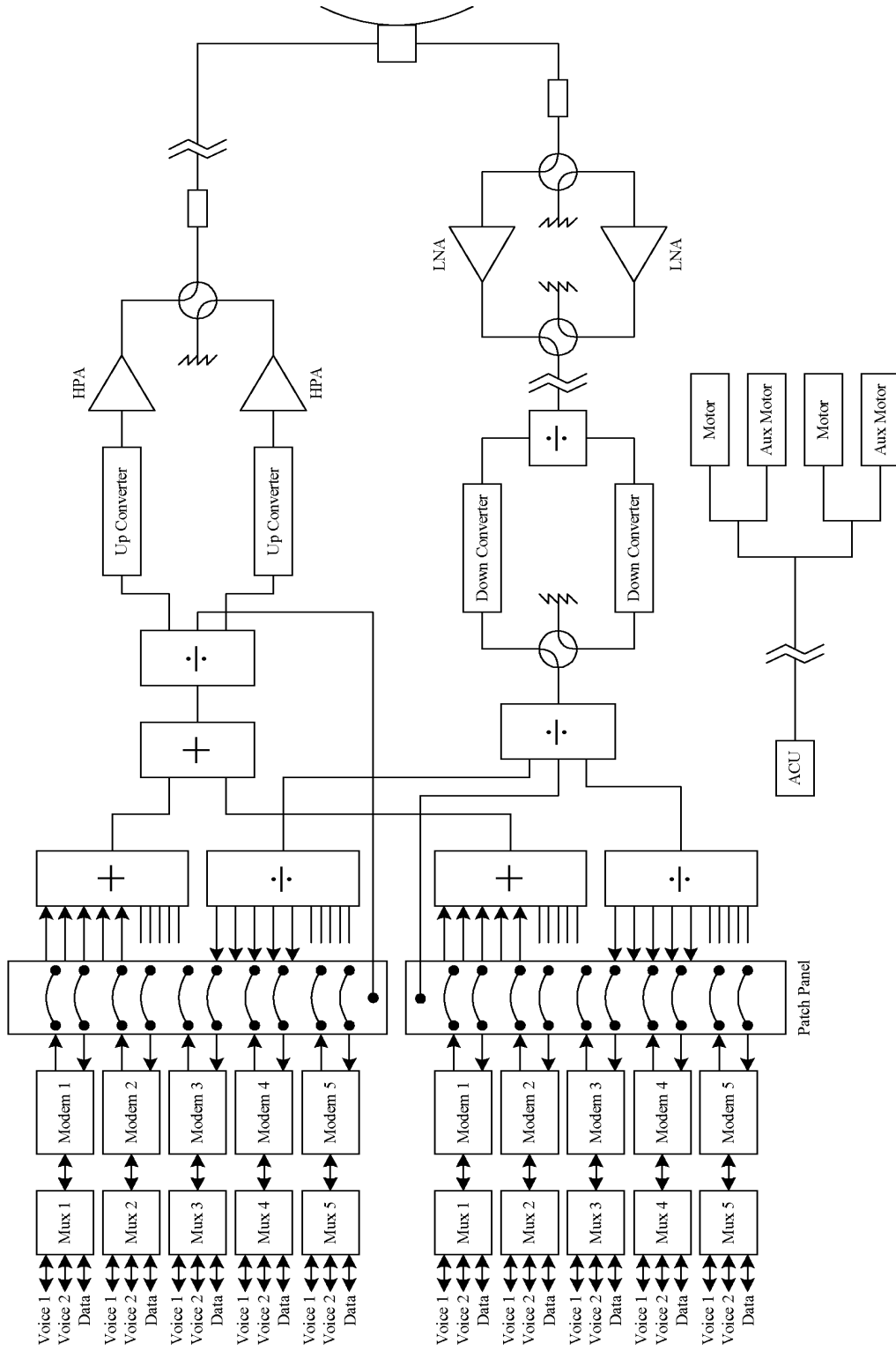
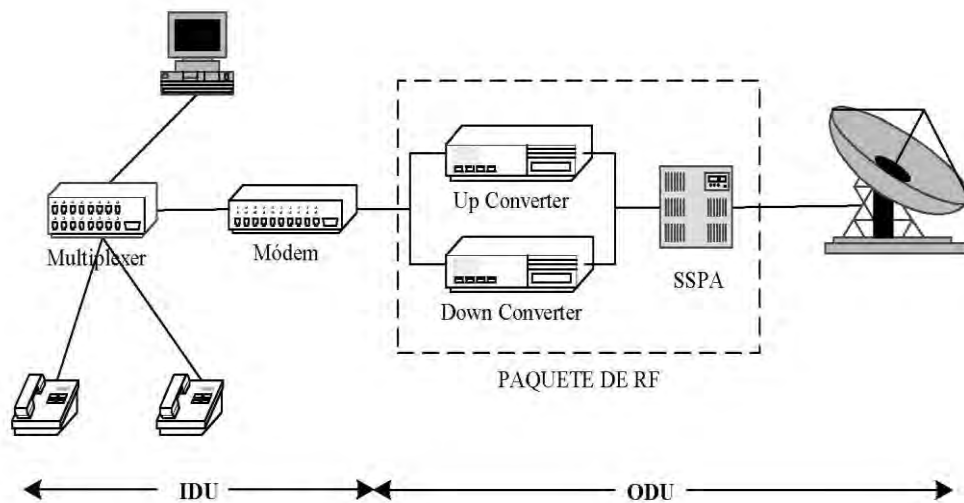


FIGURA 3.5 Diagrama de la interconexion en el Hub

3.2.2 Configuración de la Estación Remota (Provincias)

En la red vía satélite la configuración de la estación remota es la misma para el total de las 20 estaciones con que cuenta esta red.

Figura 3.6 Configuración de una Estación Remota



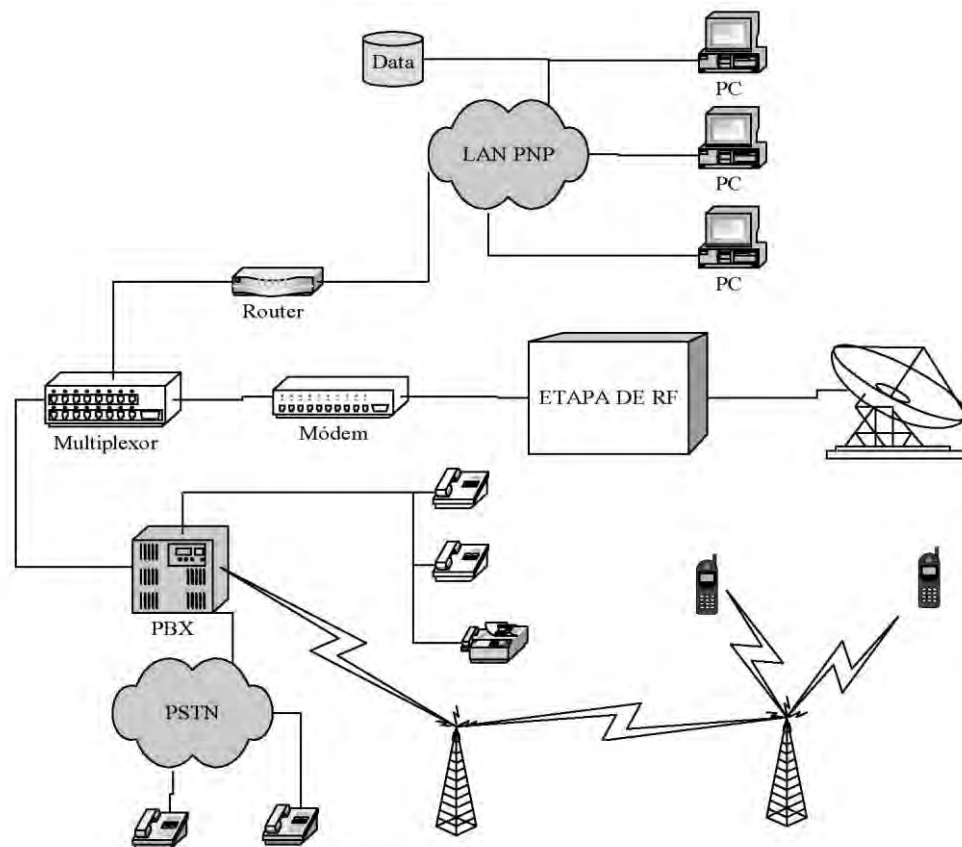
Como se puede ver, esta configuración, es más simple que la estructura de un Hub, pero ofrece la performance adecuada para la transmisión y recepción de señales por el satélite. Unido a la antena se constituye el paquete de RF formado por el SSPA y los convertidores de subida y bajada. Asimismo, en el feeder (alimentador) de la antena se ubica el LNA conectado a esta mediante una guía de onda flexible. Tanto el paquete de RF como el LNA están instalados junto al alimentador de la antena para disminuir las pérdidas. Luego mediante un cable coaxial la señal, ya en FI, es derivada al módem, del cual sale al multiplexor derivándose a los equipos terminales de voz y datos respectivamente.

3.2.3 Interconexión con otras redes

La red PNP vía satélite por su estructura de red (red SCPC) y su capacidad de servicios solamente interconecta la central telefónica de la PNP la cual a su vez permite la conexión con la PSTN y con el sistema privado de telefonía fija NEC de la PNP el cual es un trucking digital. Esta central telefónica facilita el enlace

de cualquier teléfono de una estación remota hacia cualquier teléfono de la PSTN mediante la red vía satélite y una red punto-multipunto de microondas PDH pertenecientes a la Policía Nacional del Perú, lo cual implica que el enlace de la estación remota a un teléfono público de Lima es detectado simplemente con una llamada local. Asimismo el servicio de transmisión de datos es limitado puesto que este solamente se conecta con el servidor de datos Clear Pack de la Policía Nacional del cual se extraen los datos concernientes a las requisitorias de personas y vehículos; información de interés solamente de la Policía Nacional. También se enlaza con el servidor de correo electrónico de la PNP. Este enlace no proporciona la conexión a internet debido a múltiples factores, entre los cuales están el ancho de banda limitado, la tecnología utilizada, etc.

FIGURA 3.7 Interconexión de la Red Via Satelite con otras Redes PNP



3.3 EQUIPAMIENTO DEL HUB

El sistema de comunicaciones vía satélite de la PNP está compuesto por una red tipo estrella localizándose en el centro de esta red la estación central (Lima) una antena de 6,1 m. de diámetro, junto con 20 estaciones remotas ubicadas en provincias con su respectivo equipamiento para establecer los enlaces de comunicación. El sistema suministra conexiones de información digital dúplex de 64 Kbps entre la estación central y las 20 estaciones remotas, utilizando para tal fin 1/8 de transponder 11C del satélite PAS1R de Panamsat que está situado a 45° LO, el cual es equivalente a 4,5 Mhz de ancho de banda; con la finalidad de realizar transmisiones de voz (telefonía) y data (intranet, imágenes estáticas y requisitorias de personas y vehículos). En la actualidad a cada una de las 20 estaciones remotas se les ha asignado entre dos y cuatro canales de voz, los mismos que se encuentran interconectados a la central telefónica del Ministerio de Interior a fin de facilitar y economizar la interconexión telefónica entre las estaciones remotas y las diferentes dependencias policiales que se encuentran trabajando con el un sistema de Privado de Telefonía Fija NEC. Asimismo con la asignación de cuatro canales de data a cada una de las estaciones remotas (para el intercambio de información), se permite la conexión de cualquier PC de una estación remota con el servidor de comunicaciones AVIION, que está ubicado en Lima. Esta arquitectura de red hace posible que desde cualquier punto del país se pueda tener acceso a las bases de datos centrales y poder efectuar solicitudes de requisitorias de vehículos y personas.

El Hub cuenta con el siguiente equipamiento de comunicaciones:

- 01 Antena parabólica de 6.1 metros de diámetro para la banda C
- 20 Multiplexores de voz y data
- 20 Módems Digital
- 02 HPA en configuración 1+1
- 02 LNA en configuración 1+1
- 02 Convertidores de subida en configuración 1+1
- 02 Convertidores de bajada en configuración 1+1
- 01 Controlador automático de antena.
- 04 equipos de cómputo instalados y configurados como router.
- 4 terminales de consultas de requisitorias y correo electrónico.
- 04 Pozos a tierra.
- 02 Equipos de aire acondicionado

- 01 Grupo Electrónico.
- 01 UPS.
- 01 Deshidratador

3.3.1 Subsistema de Antena

La antena, de tipo Cassegrain, tiene un diámetro de 6,1 metros; y posee un sistema de alimentación de re-uso de frecuencia lineal que trabaja en CROSS-POL. Esta antena, modelo 6.1KPC fue fabricada por Vertex Communications Corporation Texas, USA.

La antena permite su utilización con satélites con una banda de recepción de 3,7 a 4,2 Ghz y una banda de transmisión de 5,870 a 6,425 Ghz. El pedestal de la antena es de tipo elevado sobre el azimut de 120 grados y un viraje de elevación continuo de 5 a 90°, incluyendo un sistema motorizado de movimiento que permite la cobertura de la órbita.

La antena es conectada con el amplificador de alta potencia (en el caso de transmisión) mediante una guía de onda del tipo rectangular de 5 metros de longitud aproximada que utiliza un modo de propagación dominante TE₁₀. Actualmente esta antena se encuentra trabajando en polarización horizontal.

Según las recomendaciones IESS-207 e IESS-208 de Intelsat, esta antena cumple con los estándares de aprobación genérica para estaciones terrenas, ubicándose dentro del estándar F-2. Las características técnicas más importantes de esta antena son:

- Frecuencia: Recepción: 3,625 – 4,2 Ghz Transmisión: 5,850 – 6,425 Ghz
- Ganancia de Antena (Rx): 3,625/5,850 Ghz: 45,7 dB 3,912/6,138 Ghz: 46,4 dB 4,200/6,425 Ghz: 47,0 dB
- Ganancia de Antena (Tx): 3,625/5,850 Ghz: 49,2 dB 3,912/6,138 Ghz: 49,6 dB 4,200/6,425 Ghz: 50,0 dB
- Temperatura de Ruido:

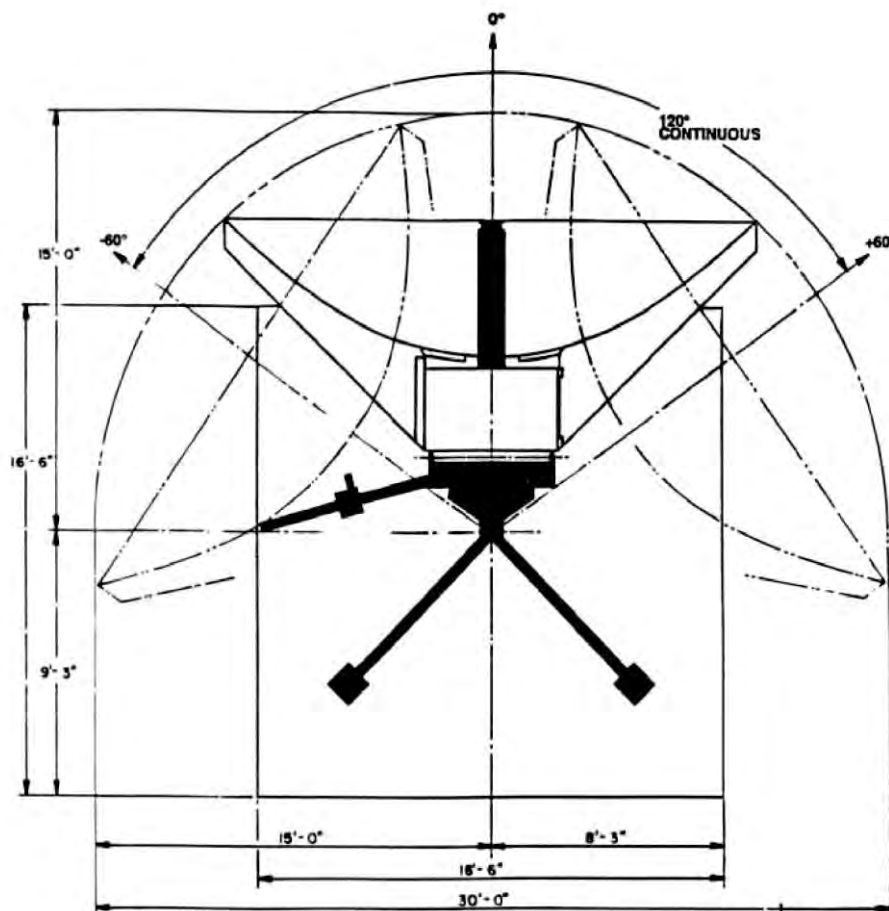
5° de elevación: 52°K

10° de elevación: 41°K

20° de elevación: 35°K

- G/T (en 20° de elevación): 27,3 dB/K @ 3,912 Ghz
- VSWR: Recepción: 1,25:1
Transmisión: 1,25:1

Figura 3.8 Vistas de los planos de giro de la antena Vertex.



3.3.2 Subsistema Klystron HPA

El transmisor HPA Klystron fue fabricado por MCL Inc, modelo M/N 30100A-12. Este elemento de la parte de RF tiene la función de amplificación de potencia de todas las portadoras de RF asignadas que vienen de un convertidor ascendente vía cable coaxial hasta un nivel requerido con baja distorsión y baja pérdida. Después del proceso de amplificación las señales son enviadas al subsistema de antena empleando para ello una guía de onda rígida rectangular.

El HPA de 3,35 Kw cumple con los requerimientos de PIRE e intermodulación para un sistema específico. La configuración del HPA es de (1+1) redundante cumpliendo con los criterios de seguridad en el mantenimiento de un enlace por satélite que da como resultado una configuración para transmisión en cadena altamente confiable.

Como se puede ver en la figura 4.10, la entrada de RF del HPA recibe la señal de alta frecuencia proveniente de Up Converter vía un conector tipo N. Asimismo el nivel de la señal de RF del amplificador de potencia intermedio de estado sólido (SSPA) es controlado mediante un atenuador variable, el cual, a su vez se controla a través del panel de control del HPA.

Las características técnicas más importantes del HPA son:

- Rango de Frecuencia: 5,850 – 6,425 Ghz
- Ancho de banda: 45 Mhz @ -1 dB
- Potencia de salida: 3350 W
- Ganancia: 80 dB
- Estabilidad de ganancia: $\pm 0,25$ / 24 horas
- VSWR de entrada: 1,2
- VSWR de salida: 1,25
- Retardo de Grupo: Lineal: 0,25/1/30 ns/Mhz/BW
Parabólico: 0,05/1/30 ns/Mhz/BW
- Ruido y señales espurias: -70 dBW/4 Khz

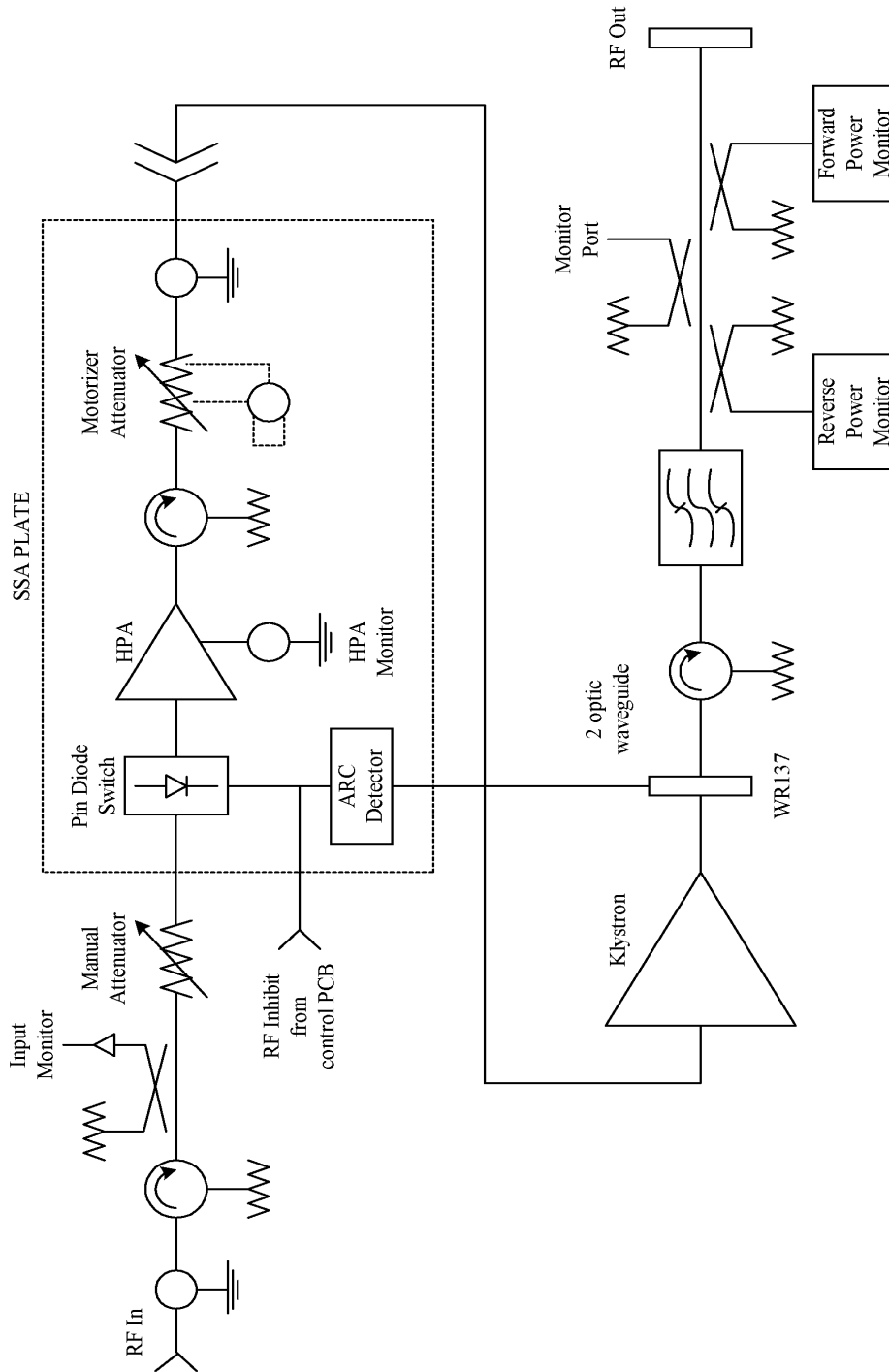


FIGURA 3.9 Diagrama de bloques de HPA

3.3.3 Subsistema LNA Redundante

Debido a la potencia de transmisión del satélite, limitación de diámetro de antena y otros motivos económicos, debe seleccionarse cuidadosamente un amplificador de bajo ruido de una estación para comunicación por satélite. Al igual que el HPA el subsistema de LNA se encuentra en configuración (1+1) redundante para asegurar la buena calidad de recepción.

El subsistema LNA fue fabricado por Maxtech, modelo LCA-4045. Su función es de amplificar la señal de muy bajo nivel proveniente del subsistema de antena y enviarla al convertidor de bajada. Este LNA garantiza una temperatura de ruido máxima del sistema de 45°K sobre el ancho total de recepción a 23 °C. No requiere enfriamiento o estabilización de la temperatura. Proporciona una temperatura del ruido que está dentro de los límites requeridos para mantener la estación terrena dentro de las especificaciones.

FIGURA 3.10 Configuración redundante del LNA

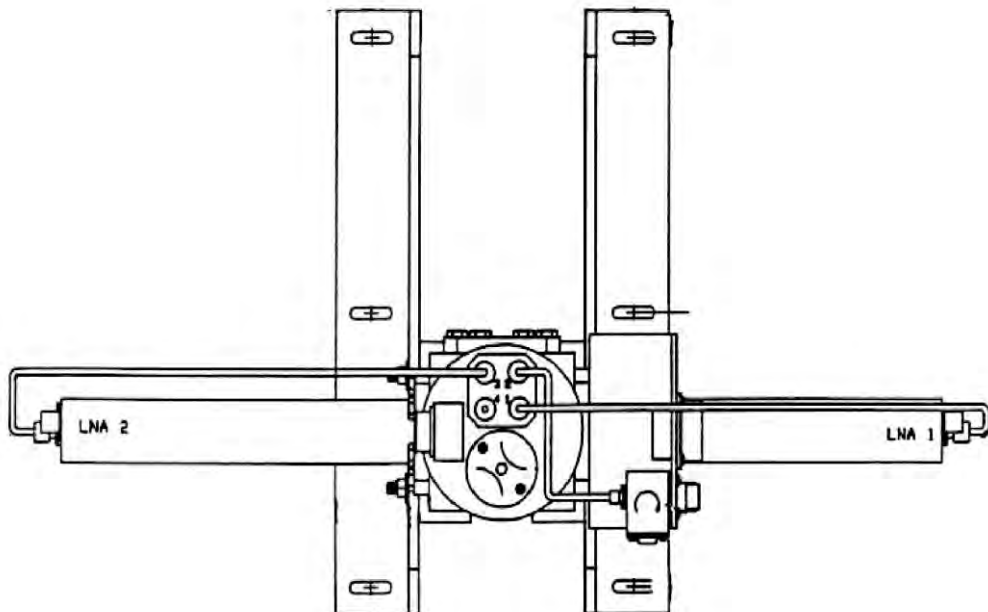
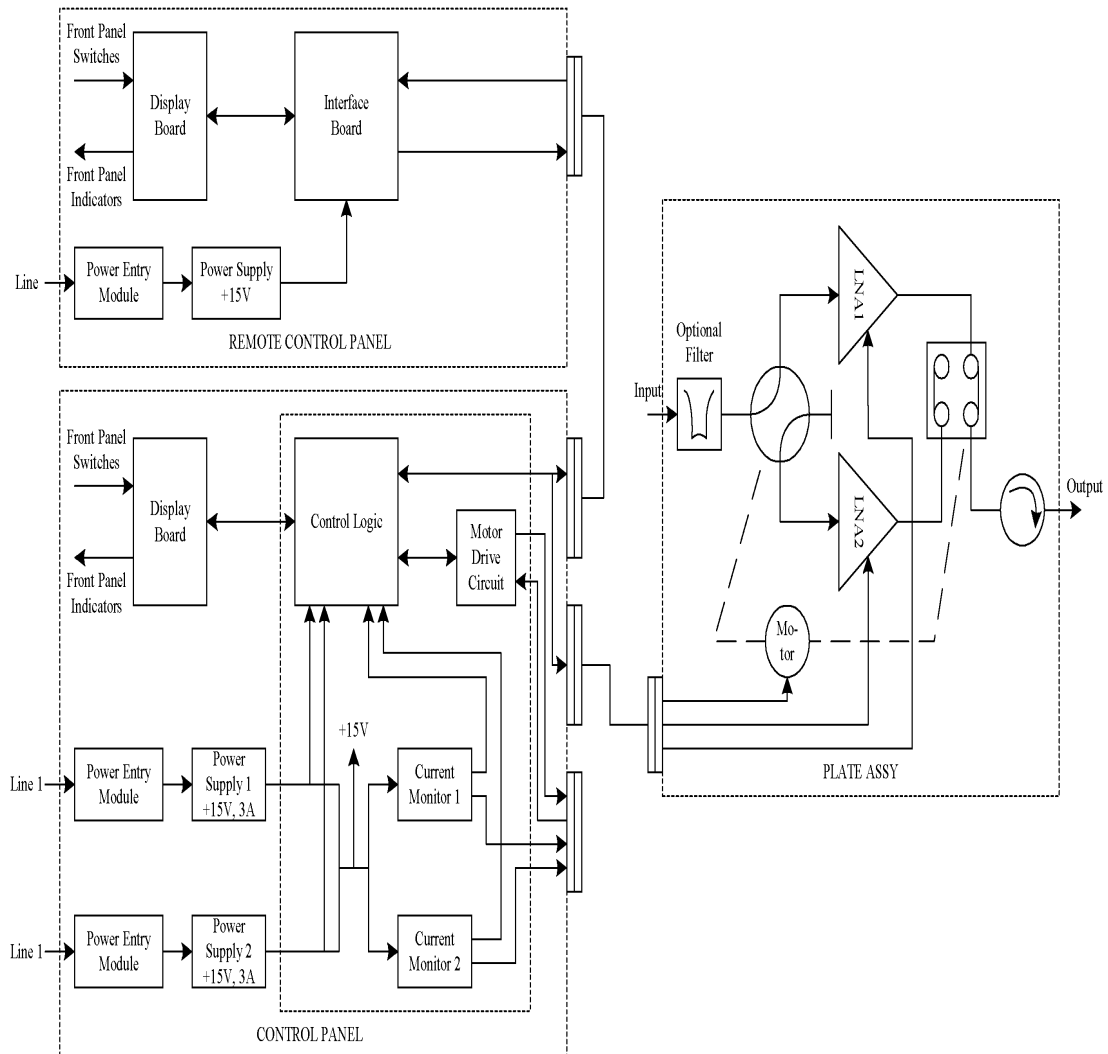


Figura 3.11 Diagrama de bloques de LNA



Los datos técnicos más importantes son:

- Frecuencia: 3,6 – 4,2 Ghz.
- Ganancia: 60 dB
- VSWR de entrada: 1,2:1
- VSWR de salida : 1,2:1
- Retardo de Grupo: Lineal: 0,01 ns/Mhz
Parabólico: 0,01 ns/Mhz
- Conectores: Entrada: CPR 229
Salida: Tipo N Hembra

3.3.4 Switch excitador (1+1) del HPA

Este sistema consiste en un switch de guía de onda para conectar solamente la guía de onda con el amplificador de potencia. Al igual que el HPA, este switch fue fabricado por MCL Inc, modelo M/N 30898. Este conmutador de selección del HPA se opera mediante un panel de control, como se puede ver en la figura (3.12)

Los datos técnicos más importantes son:

- Voltaje de entrada: 220 VAC
- Frecuencia: 60 Hz (configurable también para 50 Hz)
- Potencia de Entrada: 50 Watts
- Nivel de Potencia de RF: 4 Kw
- Pérdidas de inserción: Entrada: 0,3 dB
Salida: 0,6 dB
- Conector de guía de onda: WR137

3.3.5 Subsistema de Conversión de Subida

El Up Converter fue fabricado por LNR Communications Inc., modelo UC6L-D5/575. Este convertidor se encarga de transformar la señal proveniente del módem de frecuencia intermedia de 70 Mhz a las frecuencias de transmisión de banda C. El convertidor de subida tiene configuración 1+1 redundante, en donde cada convertidor está conectado en serie con uno de los Klystron HPA para formar la respectiva cadena de transmisión.

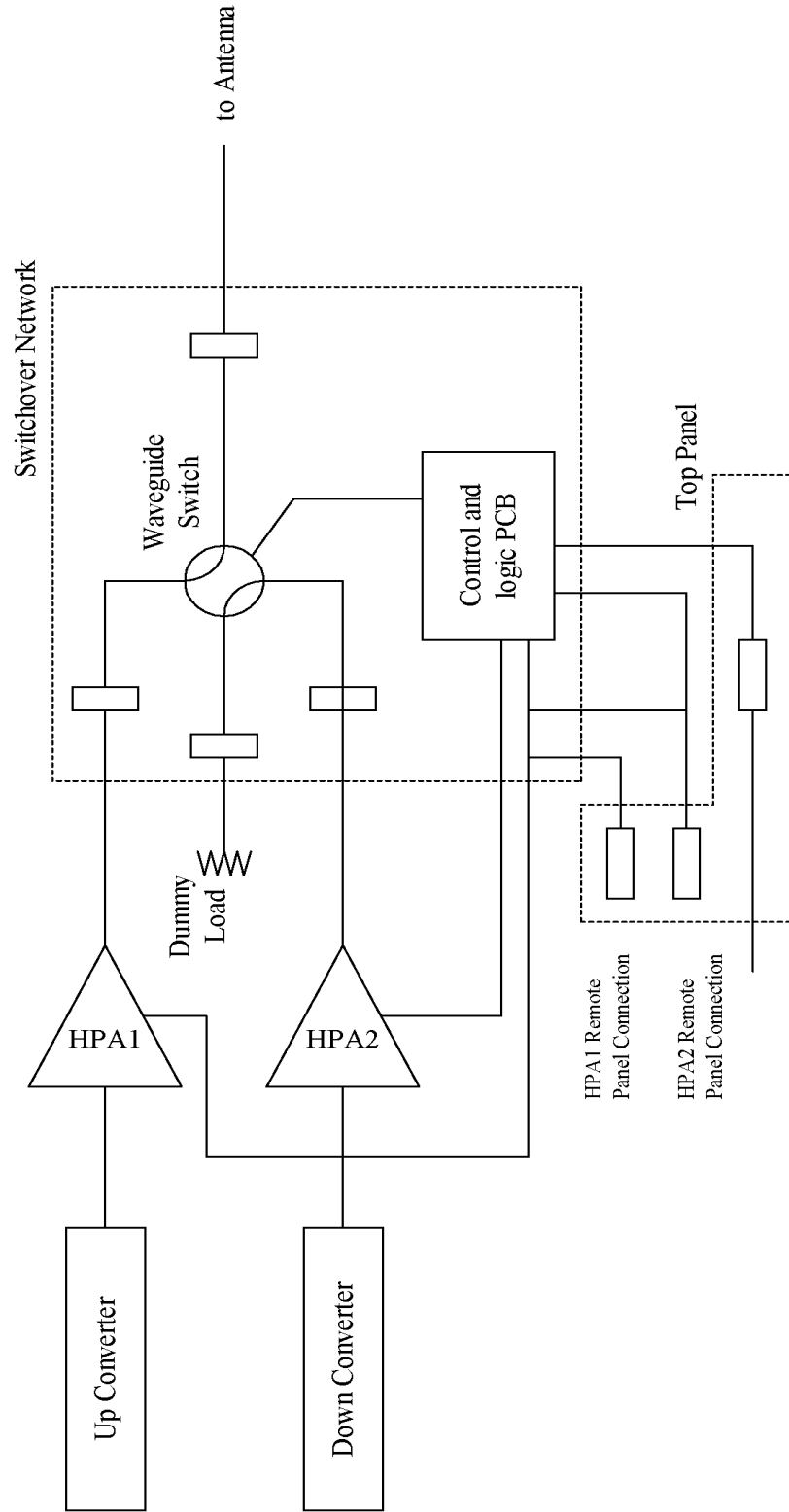


FIGURA 3.12 Panel frontal y diagrama de bloques del convertidor HPA

Para operar, el convertidor de subida hacia el satélite solo se requiere de una fuente de energía primaria AC y un número determinado portadoras de ingreso de FI.

Los datos técnicos más importantes son:

- Frecuencia: Entrada: 70 Mhz \pm 18 Mhz
Salida: 5,850 – 6,425 Ghz
- Ancho de Banda: 36 Mhz \pm 0,25 dB
- Impedancia: Entrada: 75 ohmios
Salida: 50 ohmios
- Conector de entrada: BNC Hembra
- Conector de salida: Tipo N Hembra
- Tamaño del paso: Incremento de 125 Khz
- Pérdida por retorno: Entrada: 26 dB (típico)
Salida: 22 dB (típico)
- Nivel de salida: -5 dB (mínimo)
- Ganancia de entrada-salida: 17 dB (nominal)
- Estabilidad de ganancia: \pm 0,25 dB/día
- Retardo de grupo: Lineal: 0,05 ns/Mhz
Parabólico: 0,005 ns/Mhz

3.3.6 Subsistema de Conversión de Bajada

El Subsistema de Conversión de bajada, o Down Converter, fue fabricado de LNR Communications Inc., modelo DC4L-D51575. La función de este equipo es de convertir las señales provenientes del satélite que llegan en banda C de recepción (3,7 – 4,2 Ghz) hasta los 70 Mhz de frecuencia intermedia.

La entrada a los convertidores de bajada lo constituye un divisor de recepción de RF conectado a la salida del LNA. Las salidas de los convertidores son alimentados al subsistema del módem a través de una llave 1+1 redundante para mayor confiabilidad.

Los datos técnicos más importantes son:

- Frecuencia: Entrada: 3,625 - 4,2 Ghz
Salida: 70 Mhz
- Ancho de Banda: 36 Mhz \pm 0,25 dB

3.3.7 El Subsistema MODEM y el Sub Sistema de Múltiplexación

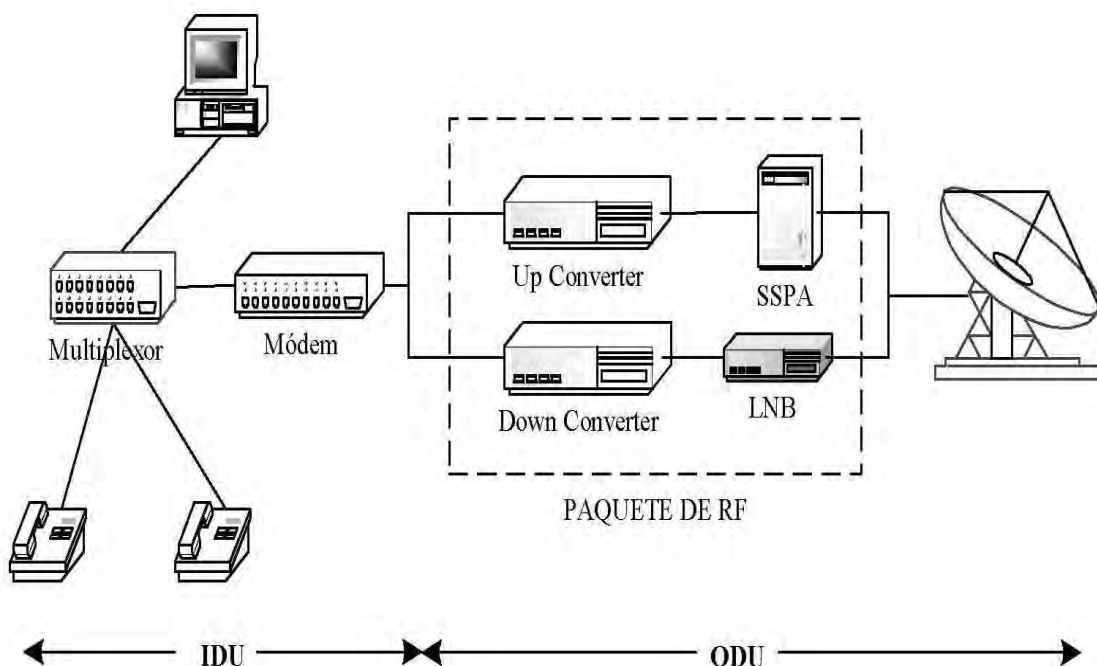
Estos dos Subsistemas lo analizaremos, en la parte que corresponde a la estación remota de la Ciudad del Cusco por ser materia de estudio de esta tesis, en vista que son los mismos equipos empleados tanto en la estación Hub de Lima, como en las estaciones remotas en provincias.

3.4 ANÁLISIS DEL EQUIPAMIENTO DE LA ESTACIÓN REMOTA CUSCO.

Debido a que la red tiene una configuración en estrella, la mayor concentración de tráfico necesariamente pasa por la estación Hub (Estación Central Lima) por lo cual está debe tener un dimensionamiento de mayor envergadura. Para el caso de una estación remota (Provincias), este dimensionamiento no es tal, sino más bien el necesario como para poder soportar el tráfico entre ésta y el Hub.

La estructura de la estación remota de la Ciudad del Cusco, que es exactamente igual en las 20 estaciones remotas, es básicamente el mostrado en la figura 4.24, en el cual los equipos utilizados para dicha estación son los mismos equipos empleados en el Hub (subsistema de módem y subsistema de multiplexación), salvo la excepción en el bloque ODU (señal de RF), la misma que pasamos a detallar a continuación.

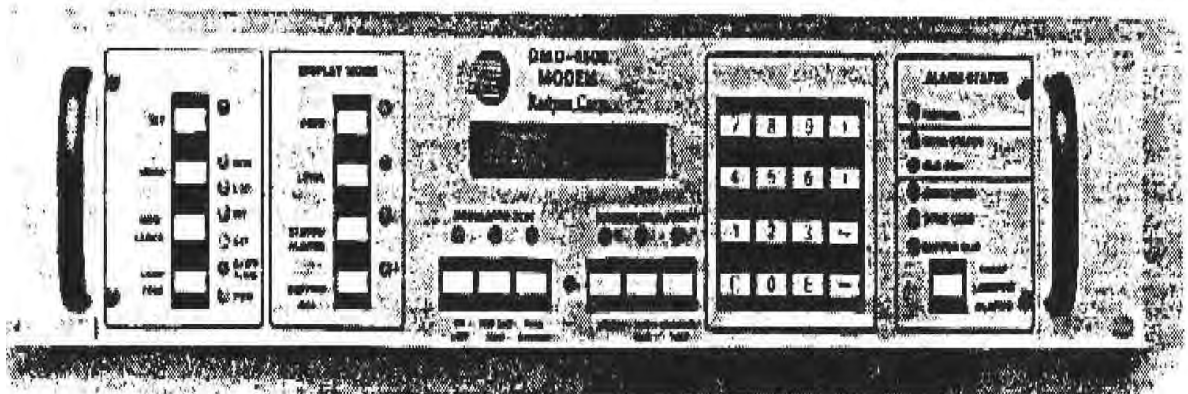
Figura 3.14 Diagrama de bloques de la Estación Remota



3.4.1 Subsistema de Módem

Los módems fueron fabricados por Radyne Corporation, modelo DMD-4500. Estos módems tienen capacidad para funcionar en servicios empresariales (IBS) y redes privadas de comunicaciones. Los módems están configurados para operar a 64 Kbps pudiendo modificarse fácilmente esta configuración para operar en otros rangos de velocidad. El módem tiene dos tarjetas incorporadas que son: moduladora y demoduladora que son las encargadas de procesar el flujo de datos de un portadora de 70 Mhz de IF. Presenta la posibilidad de selección de un FEC de $\frac{1}{2}$ y/o FEC de $\frac{3}{4}$; empleando códigos de detección VITERBI.

Figura 3.15 Parte frontal del subsistema de módem



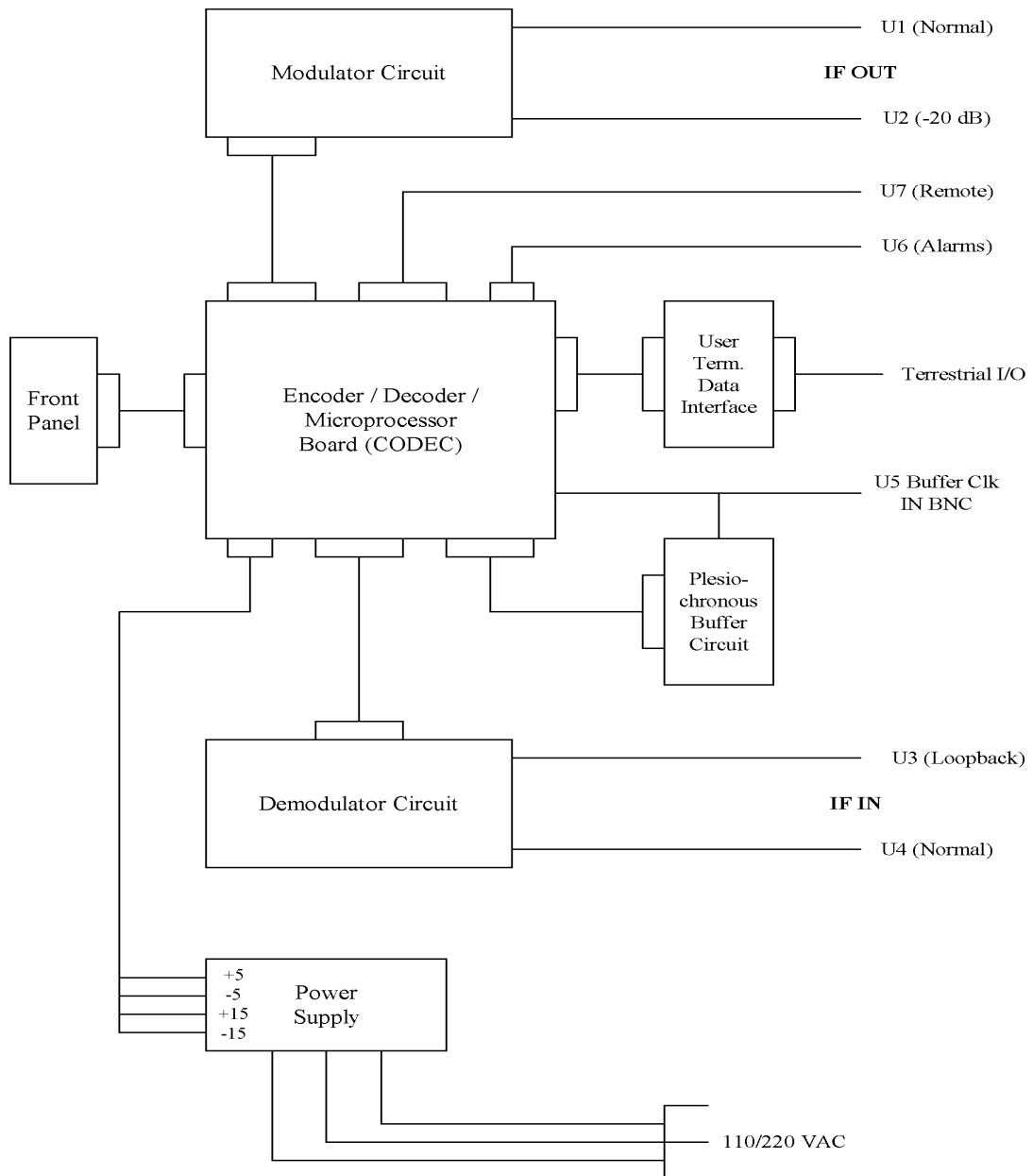
Los datos técnicos más importantes son:

Modulador:

- Rango de salida: 50 a 180 Mhz
- Resolución: 2,5 KHz
- Tasa de Datos: 64 a 2048 Kbits/s
- Potencia de salida: +5 a -15,9 dBm
- Espectro de salida: Según IESS 308/309
- Modulación: QPSK
- Código de línea: HDB3, AMI
- Servicios: IBS/IDR
- Interfase moduladora: CCITT V.35

- Codificación: Según IESS 308/309(36)
- Tasa de codificación: $3/4, 1/2$
- Conector: BNC

FIGURA 3.16 Diagrama de Interconexión del Sub-Sistema de MODEM



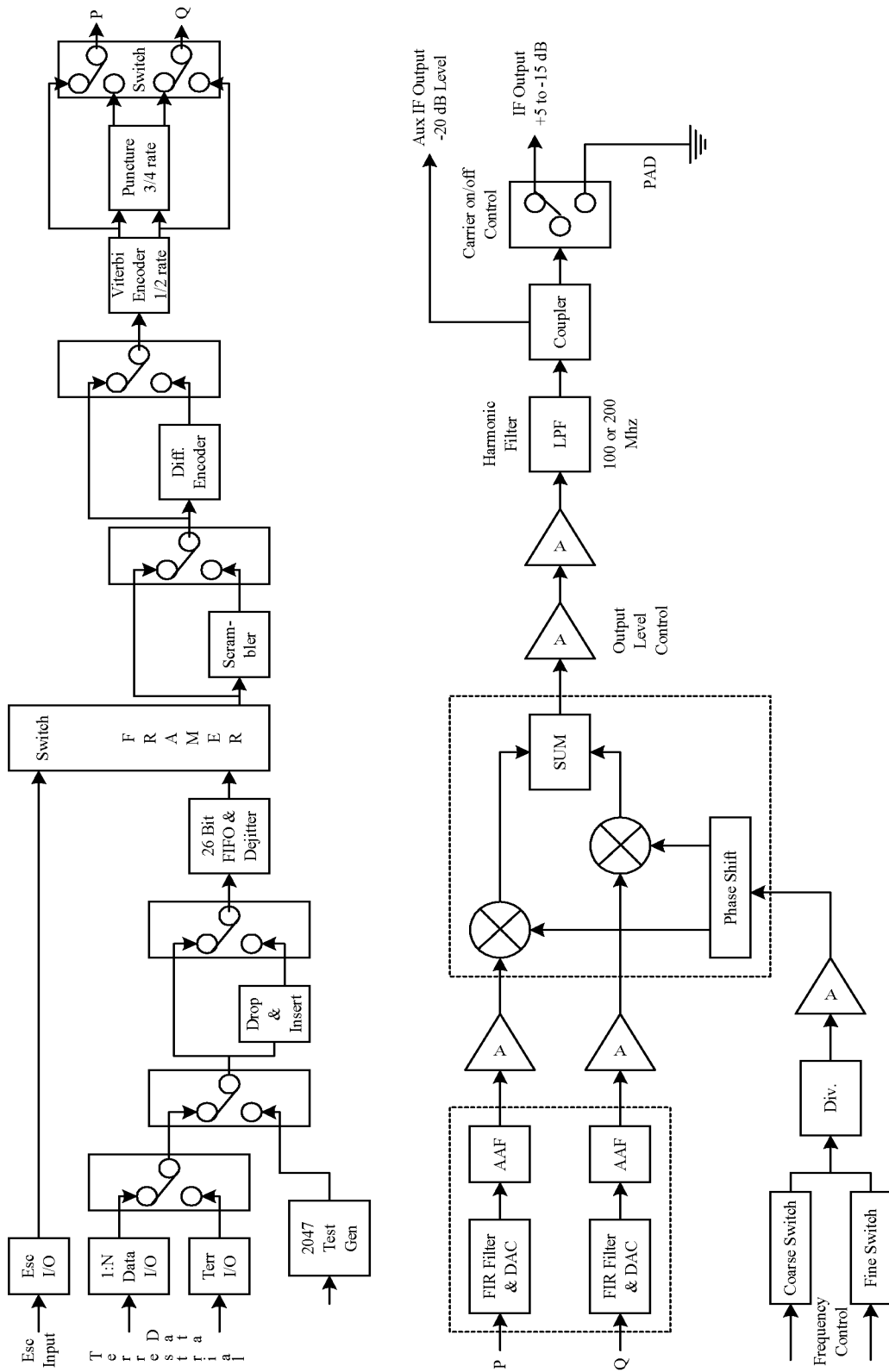


FIGURA 3.17 Diagrama de bloques del Sub-Sistema de Módem (transmisión).

FIGURA 3.18 Diagrama de bloques del Sub-Sistema de Módem (recepción).

Demodulador:

- Rango de entrada : 50 a 180 Mhz
- Resolución : 2,5 Khz
- Tasa de adquisición : ± 42 Khz (máximo)
- Tasa de Datos : 64 a 2048 Kbits/s
- Impedancia de señal recibida : 75 ohmios, BNC
- Pérdidas por retorno : -20 dB
- Sensibilidad : -45 dBm ± 15 dB
- Código de línea : HDB3, AMI
- Demodulación : QPSK
- Decodificación : Según IESS 308/309, Viterbi
- Servicios : IBS/IDR¹
- Interfase demoduladora : CCITT V.35;
- Tasa de decodificación : 3/4, 1/2
- Buffer Plesiocrono : Incluido

Asimismo la garantía de desempeño de la tasa de error de bit (BER) para estos módems utilizados actualmente en la red vía satélite de la PNP se sigue por la siguiente tabla²:

Cuadro 3.1 *Garantía de desempeño de VER en el Módem DMD-4500*

Eb/No	SIN CODIFICAR	TASA DE 1/2	TASA DE 3/4
4,7	$5,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-4}$	
5,3	$3,0 \times 10^{-3}$		$1,0 \times 10^{-3}$
6,1	$1,5 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-6}$	
7,2	$3,0 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-8}$	
8,3	$5,0 \times 10^{-5}$		$1,0 \times 10^{-7}$
8,8	$2,0 \times 10^{-5}$		$1,0 \times 10^{-8}$

¹Las siglas IDR hacen referencia a la Velocidad intermedia de transmisión de datos que maneja INTELSAT en todas sus recomendaciones IESS y SSOG.

²Esta tabla es extraída del “Hub Station Operation - Manual for the Peruvian Ministry of Interior - Book 2” elaborado por Applied Telecommunications para la Policía Nacional del Perú, Diciembre, 1993.

3.4.2 Subsistema de Multiplexación

El multiplexor marca PCSI modelo CS8000 proporciona multiplexación para 8 canales de voz y 16 canales de datos.

Aunque en la red PNP solamente se utilizan entre 2 y 4 canales de voz y dos canales de data, lo cual resulta una pobre e ineficiente utilización de la capacidad instalada; este número de canales asignados cubren la demanda de las estaciones terrenas; debido a que se utilizan otras redes alquiladas para los mismos servicios, aumentan los costos de infraestructura de comunicaciones en la Institución.

Figura 3.19 Diagrama de bloques del CS8000 (canales de voz)

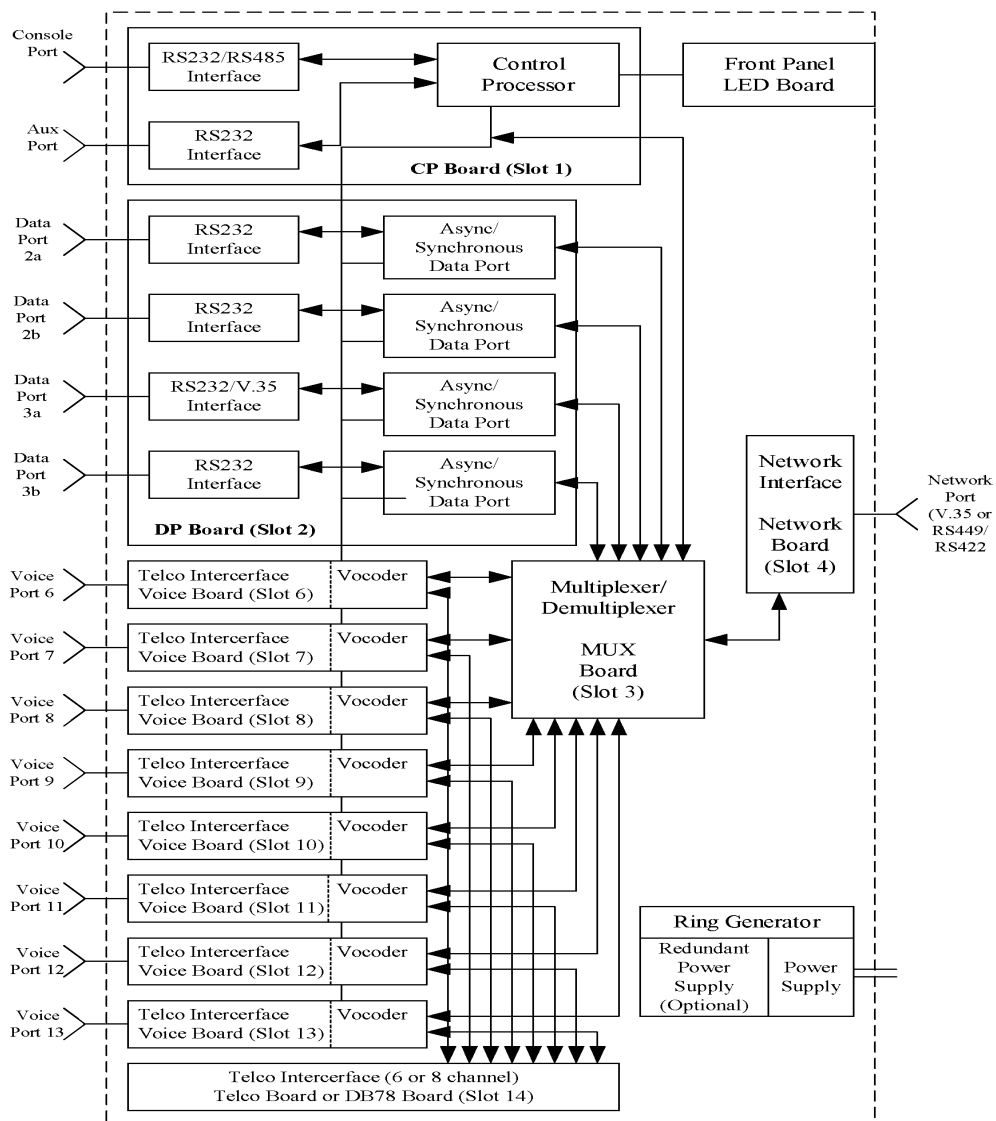


Figura 3.20 Diagrama de bloques del CS8000 (canales de data)

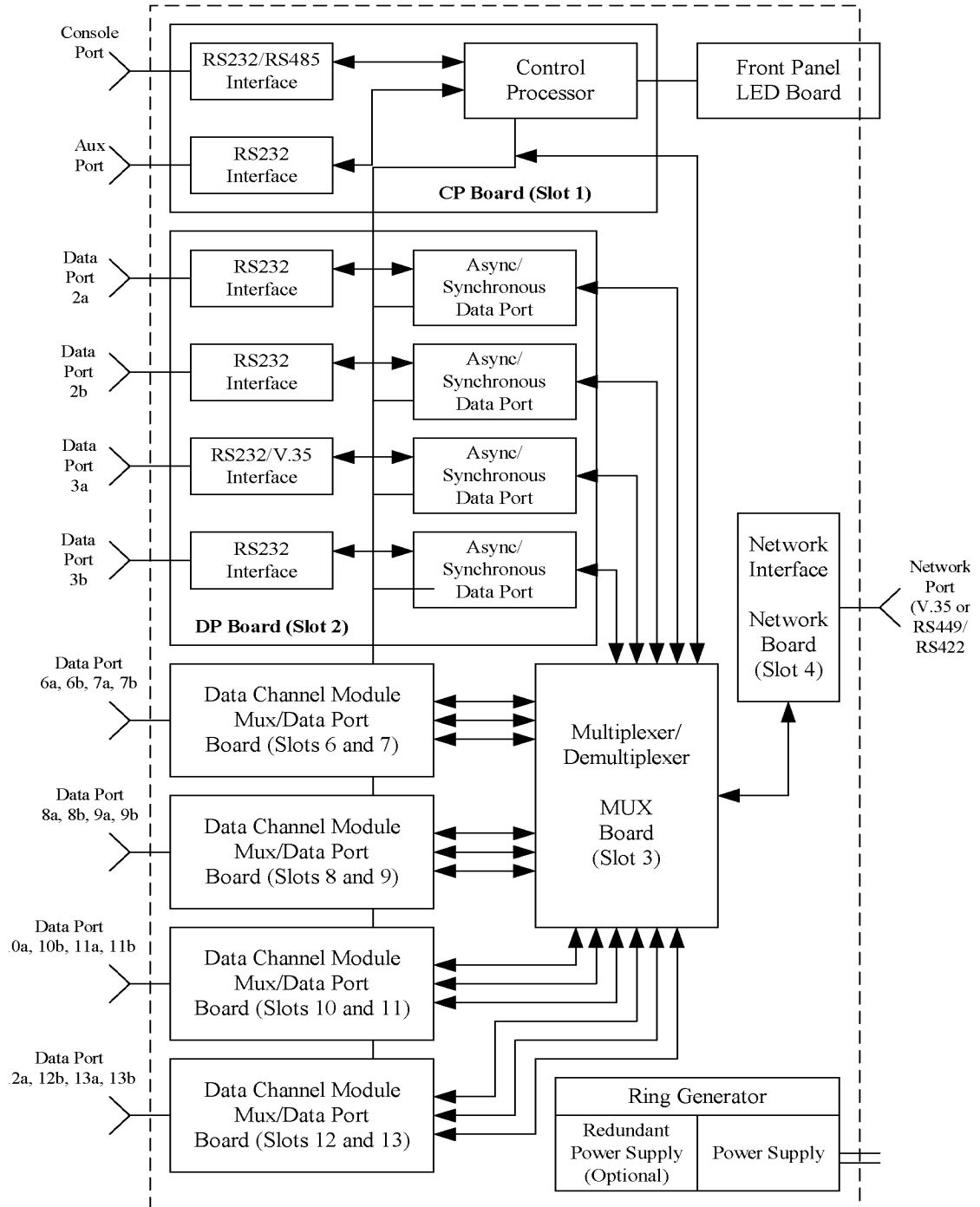
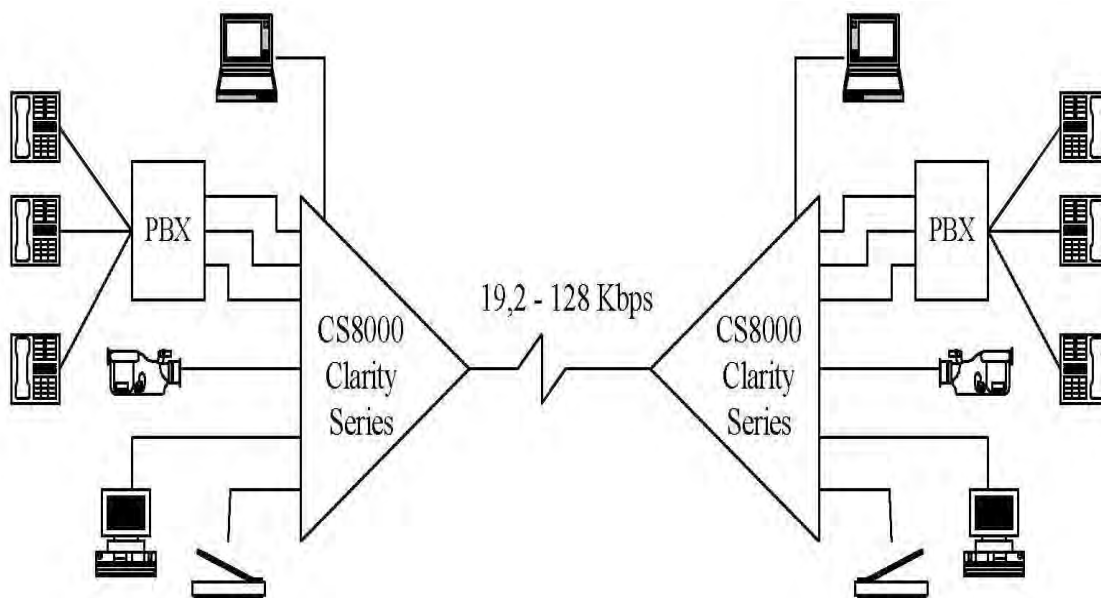


Figura 3.21 Interconexión de Multiplexores CS-8000



Sus características más importantes son:

- Tasa de datos : Expandible hasta 128 Kbps
- Compresión de voz : ACELP (ITU-T G.729)
- Interfase de voz : De 2 hilos y 4 hilos (RJ-11)
- Niveles de voz : -25,4 dB a +25,4 dB / 0,2 dB de incremento
- Interfase de datos : CCITT V.35, RS232
- Tasa de codificación de voz : 5,6; 8; o 9,6 Kbps usando CELP
7,4 a 32 Kbps usando ATC
- Cancelación de eco : Según CCITT G.165
- Soporte de tasa de datos : SYNC y/o ASYNC
- Canales ASYNC : 77 bps a 19,2 Kbps
- Canales SYNC : 1200 bps a 128 Kbps

3.4.3 Subsistema de Antena

La antena, de tipo Offset, tiene un diámetro de 3,8 metros; construida por Prodelin Corporation, modelo 1381. Esta antena está diseñada para trabajar tanto en banda C como en banda Ku, ofreciendo buenas condiciones de trabajo para condiciones climáticas exigentes, propias del territorio peruano.

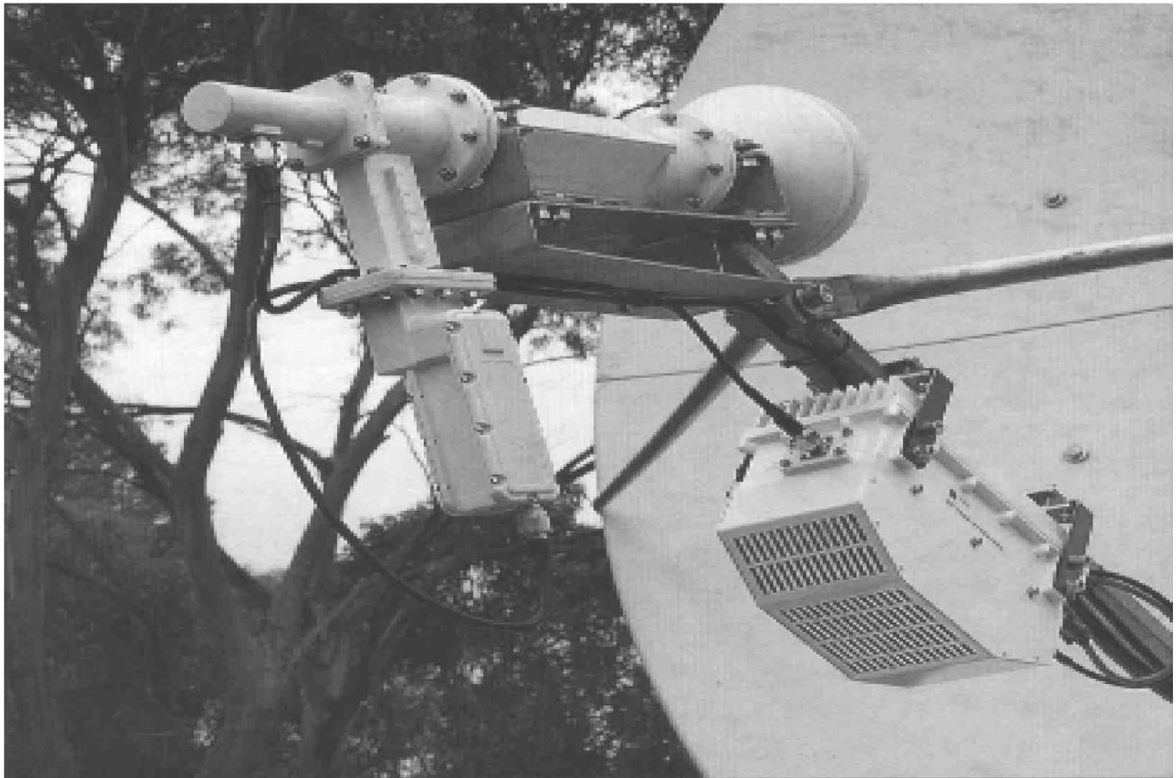
Las características más importantes de esta antena, para la banda C, son:

• Frecuencia	:	Recepción: 3,7 – 4,2 Ghz Transmisión: 5,925 – 6,425 Ghz
• Ganancia de Antena (Rx)	:	Transmisión: 46,0 dBi Recepción: 42,1 dBi
• Rango de elevación	:	0° a 90° continuo
• Rango de azimuth	:	360° continuo ± 45° ajuste fino
• Aislamiento de polarización:		Transmisión: 65 dB (CO-POL) 75 dB (CROSS-POL) Recepción: 60 dB (CO-POL) 75 dB (CROSS-POL)

Figura 3.22. (A) Vista lateral de la antena de una estación remota.
(B) Alimentador de la antena Offset



(A)



(B)

- Eficiencia de antena : Transmisión: 67%
Recepción: 63,5%
- Temperatura de ruido : A 10° de elevación: 28,94 °K
A 20° de elevación: 22,11 °K
A 30° de elevación: 19,72 °K
A 40° de elevación: 18,8 °K
- VSWR : 1,33 (máximo)
- Pérdida por inserción : 0,1 dB
- Pérdida por retorno : -18 Db

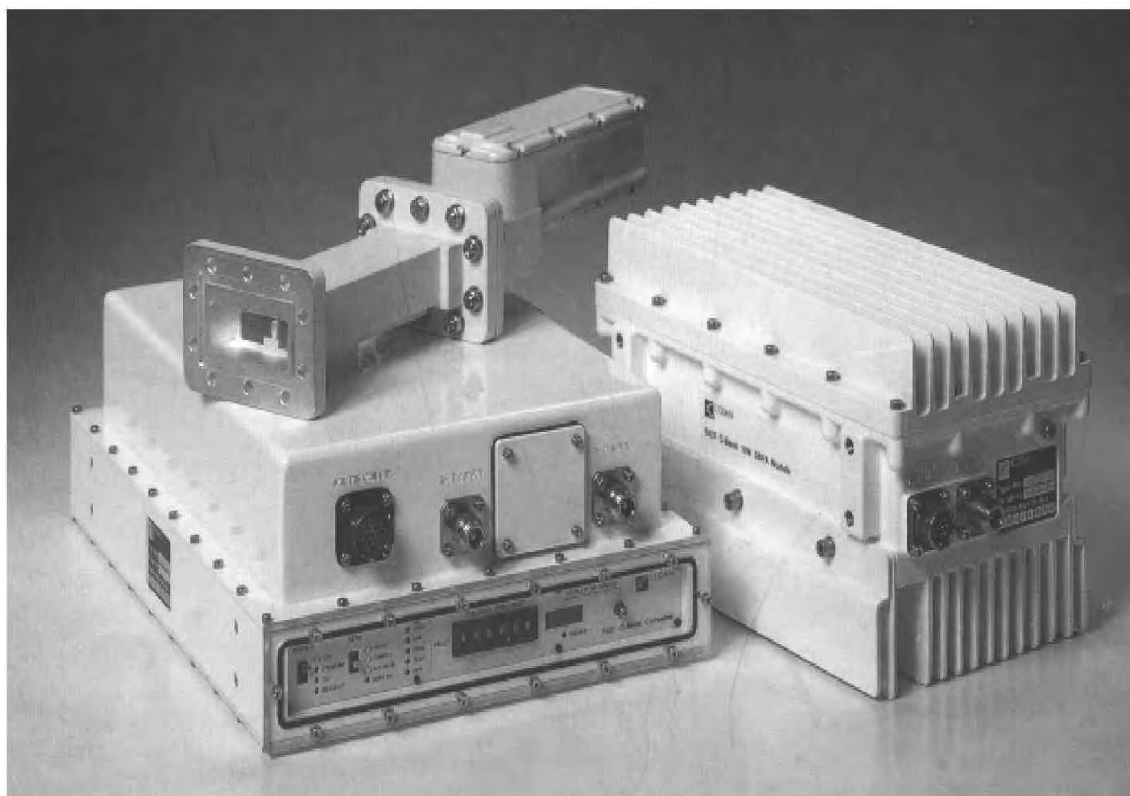
También hay que mencionar que en el foco de la antena offset se ubica el alimentador de la antena que es el que va a transmitir y/o recibir las señales hacia/del reflector (ver Figura 4.25). En el caso de transmisión, el SSPA se coloca en el soporte del foco de la antena; esto se hace para evitar las pérdidas

en la línea de transmisión. Asimismo, en la recepción, el LNA se coloca lo más cerca posible al alimentador, también para evitar las pérdidas por la alta frecuencia.

3.4.4 Subsistema de Transceptor

El transceptor constituye el equipo que controla la etapa de RF de la estación remota. Se le suele denominar “paquete de RF” y está formado por un SSPA, un TRF, un LNA, los convertidores de frecuencia intermedia (de subida y de bajada) y una fuente de alimentación. El transceptor utilizado en todas las estaciones remotas es un transceptor marca Codan, serie 5700.

Figura 3.23 Equipamiento del transceptor Codán, serie 5700



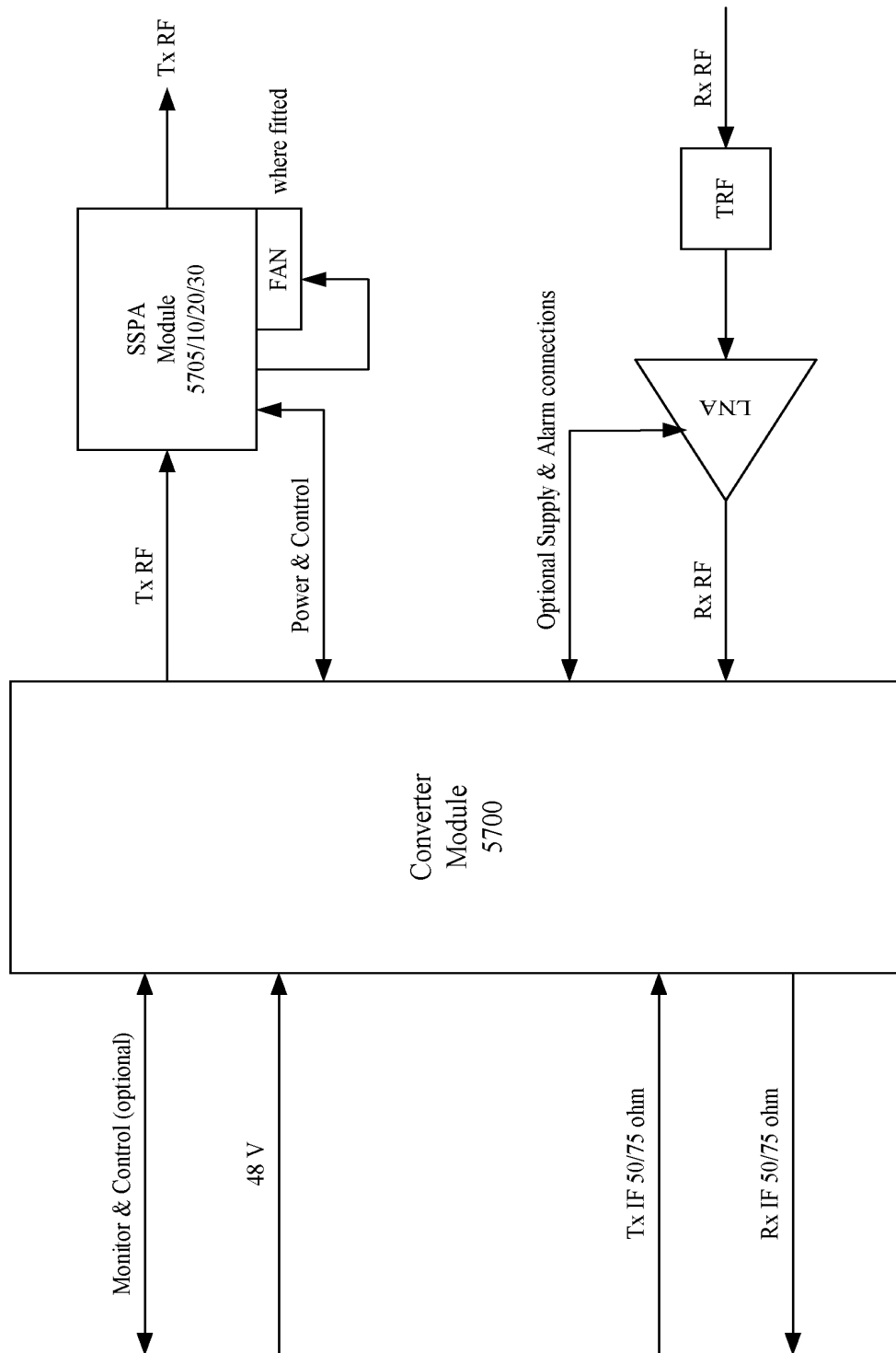


FIGURA 3.24 Configuración en DC del transceptor Codán, serie 5700

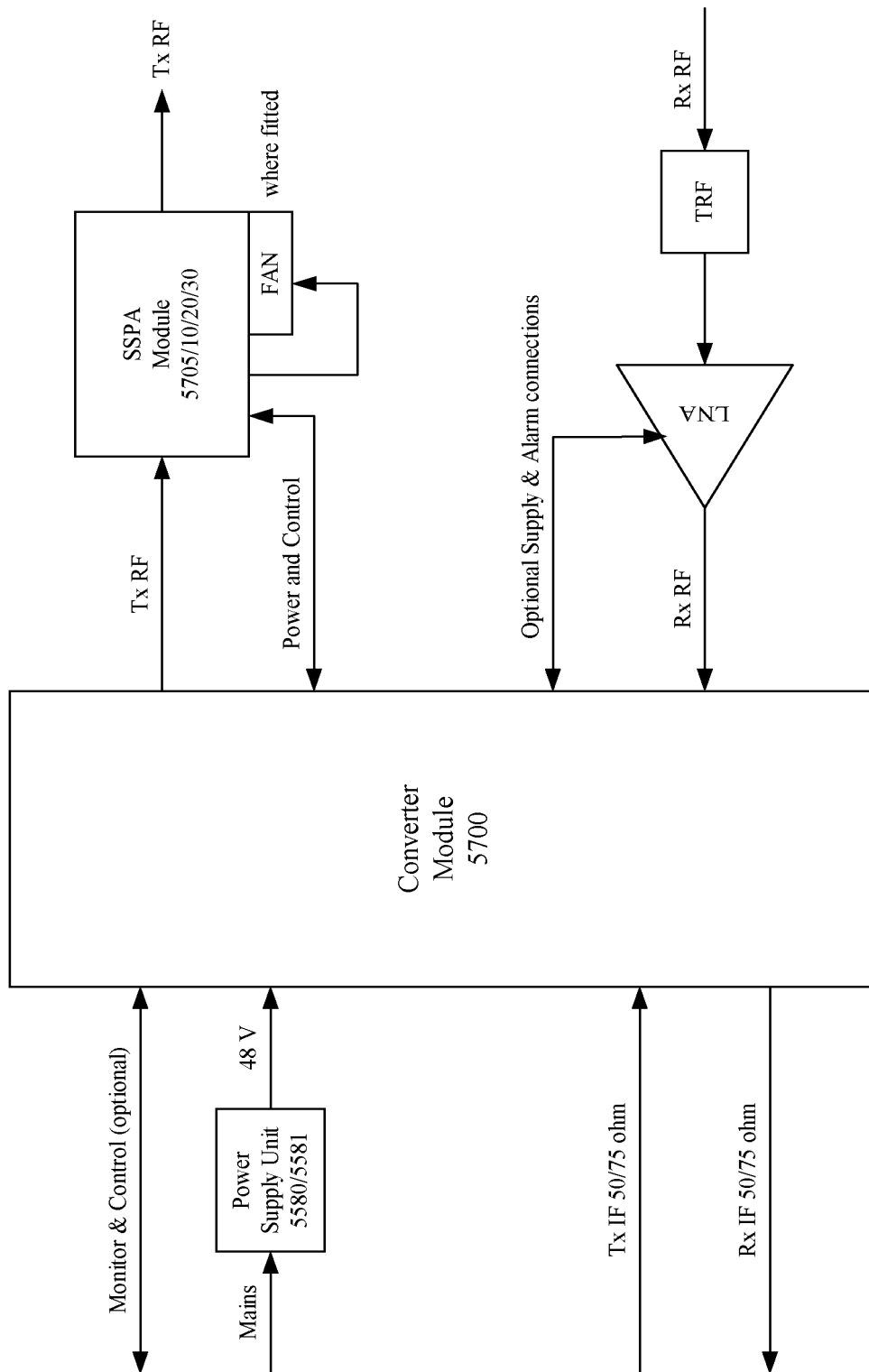


FIGURA 3.25 Configuración en AC del transceptor Codán, serie 5700

Asimismo, como se muestra en la figura 4.27 y 4.28, el transceptor está diseñado para trabajar en dos diferentes configuraciones: configuración AC y configuración DC. La configuración DC no requiere ningún equipo de RF adicional en el IDU siendo el voltaje de fuente requerido es de 48 voltios. La configuración AC se utiliza para minimizar el uso de equipamiento de cables.

El Up/Down Converter es un módulo simple e integrado, que convierte las señales de frecuencia intermedia a señales de RF en banda C y viceversa. El Up Converter posee un atenuador de paso y un control de ganancia que lo realiza junto con el oscilador local de transmisión. El Down Converter transforma las señales de RF provenientes del LNA en señales de IF mediante una conversión dual utilizando para ello un filtro pasa bajo y un sintetizador de señal para la primera conversión, y un oscilador local (LO) de recepción.

El amplificador de estado sólido (SSPA) es un módulo modelo 5720 (20 W) fabricado con AsGaFET's para amplificar un rango de frecuencias específico. Asimismo posee una alta velocidad de activación (menor a 10 milisegundos) y está protegido contra las altas temperaturas, cortos circuitos y sobre-corrientes.

El LNA utilizado para amplificar las señales es un HEMT FET's que opera en un rango de frecuencia específico. A la entrada al LNA se coloca una guía de onda flexible conectada directamente al alimentador de la antena. La temperatura de ruido estándar del LNA es de 40 °K.

Las especificaciones técnicas más importantes del transceptor son:

Transmisión (Up converter + SSPA):

- Rango de Frecuencia de IF : 70 ± 20 Mhz / 140 ± 20 Mhz (seleccionable)
- Impedancia en IF : 50 / 75 ohmios (seleccionable)
- Conector de IF : Tipo N macho
- Pérdida por retorno en IF : 18 dB mínimo
- Ganancia de transmisión : 74 dB nominal
- Rango de atenuación : 0 dB a 30 dB nominal
- Estabilidad de ganancia : ± 1 dB máximo para -40°C a 55°C
- Salida de RF : 5,850 Ghz a 6,425 Ghz

- Potencia de salida del SSPA : 43 dBm mínimo
- VSWR del SSPA : 1,4 máximo

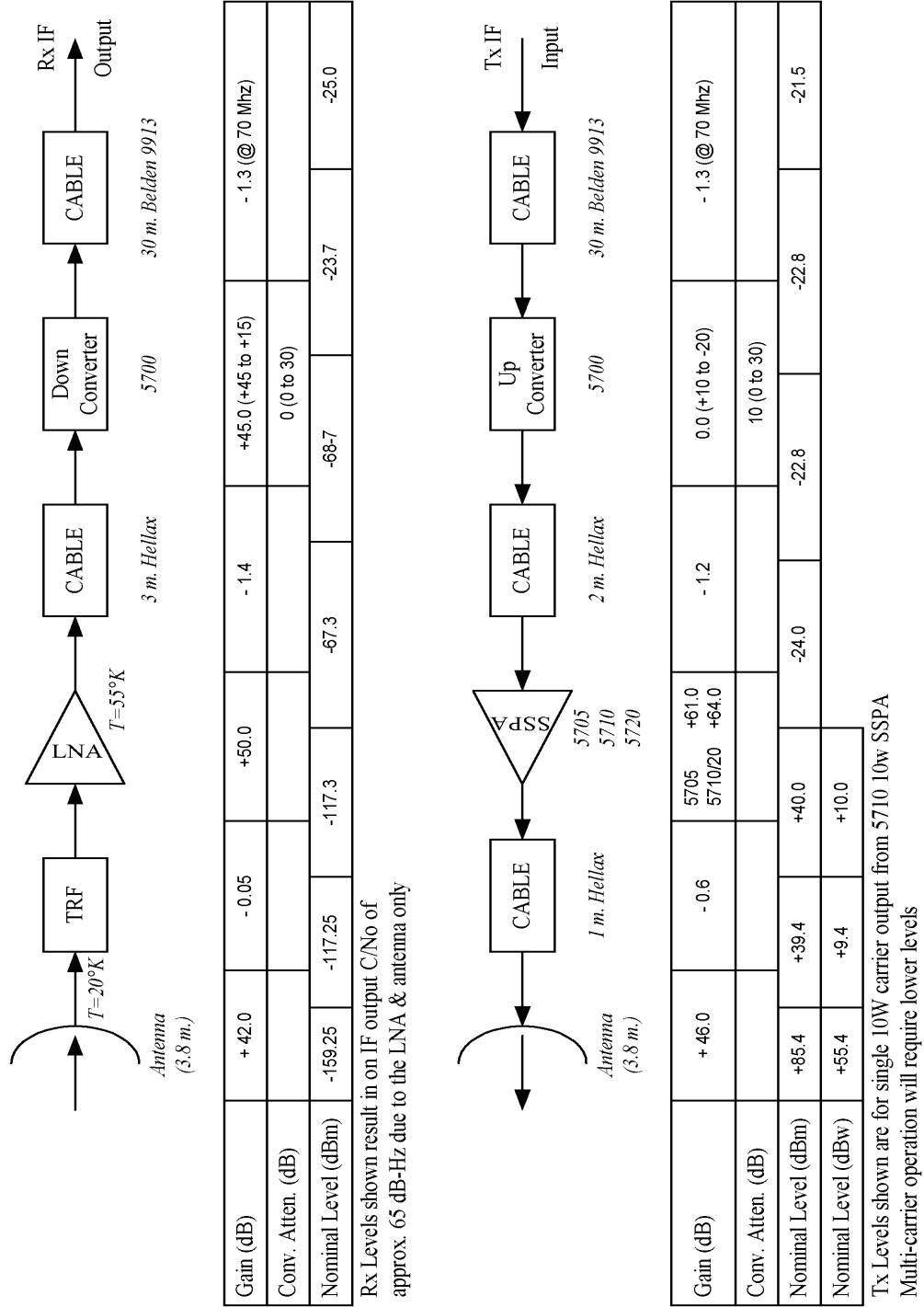


FIGURA 3.26 Diagrama de bloques del Sistema de RF de una estación remota.

Recepción (excepto el LNA):

- Rango de Frecuencia de RF: 3,625 Ghz a 4,2 Ghz
- Impedancia de RF : 50 ohmios (seleccionable)
- VSWR : 1,4 máximo
- Figura de ruido : 18 dB típico
- Rango de Frecuencia de IF : 70 ± 20 Mhz / 140 ± 20 Mhz (seleccionable)
- Impedancia en IF : 50 / 75 ohmios (seleccionable)
- Conector de IF : Tipo N macho
- Pérdida por retorno en IF : 18 dB mínimo
- Ganancia de recepción : 45 dB nominal
- Rango de atenuación : 0 dB a 30 dB nominal
- Nivel de paso de atenuación: 1 dB nominal
- Ruido de fase : 100 Hz -60 dBc/Hz
1 KHz -70 dBc/Hz
10 KHz -80 dBc/Hz
100 KHz -90 dBc/Hz
- Estabilidad de ganancia : ± 1 dB máximo para -40°C a 55°C

Low Noise Amplifier:

- Frecuencia de entrada : 3,625 Ghz a 4,2 Ghz
- Interface de entrada : Guía de onda CPR229-G
- VSWR de entrada : 2,5:1 típico
- Temperatura de ruido : 40K
- Ganancia : 50 dB mínimo
- Impedancia de salida : 50 ohmios
- VSWR de entrada : 1,5:1 típico
- Conector de IF : Tipo N macho

Transmit Reject Filter (TRF):

- Pasabanda : 3,625 Ghz a 4,2Ghz
- Pérdida por reinserción : 0,05 dB máximo
- Banda rechaza : 5,850 a 6,425 Ghz
- Nivel de rechazo : 55 dB mínimo

3.4.5 Equipos de Cómputo

El sistema cuenta con equipamiento auxiliar que no son propios del sistema, sino son parte complementaria que integra dicho sistema para poder conectarse con otras redes de la PNP la misma que detallaremos a continuación:

- Equipo de cómputo compuesto de:
 - Un CPU marca DELL modelo MMS
 - Un monitor marca DELL modelo D1728D-LS serie A3LCMG737
 - Un teclado marca DELL modelo SK-1000REW
 - Un Mouse marca MICROSOFT modelo C3KKMP1
- Una impresora marca NEC modelo LCR-50XII serie 555812208C
- Un scanner marca HP modelo C2520B serie S663H21087
- Una cámara de video marca CONNECTRIX modelo Quick Cam
- Un juego de parlantes ALTEC LANSING modelo ACS5 serie 6135

3.4.6 Equipos de Protección

El sistema de Comunicaciones Vía Satélite de la estación remota del Cusco, cuenta con equipos auxiliares de protección, los mismos que no han sido eficientes puesto que no han cumplido a cabalidad su función para lo que fueron instalados, toda vez que el sistema opero con deficiencias (alarmas constantes en los equipos de comunicación) trayendo como consecuencia la perdida de señal, y otras veces el deterioro de los equipos.

Los equipos de protección instalados en la estación remota del Cusco son las siguientes:

- Un tablero de Transferencia automática marca LAKE SHORE
- Un estabilizador de voltaje modelo 004-H-8S serie 96050148-ST
- Un UPS marca FERRUPS modelo FE-1 1.8 KW serie 8K04408
- Un protector de picos marca THE PROTECTOR modelo HP-S-SP-250-30A-RJ serie H5203606
- Un Kit puesta a tierra (pozo a tierra)
- Un interruptor general para el sistema eléctrico de 2x40 amperios
- Un aire acondicionado marca CARRIER modelo TCA05 serie 2895X95293, con transformador de 220/110 V.
- Kit completo de Pararrayos
- Un grupo electrógeno marca HONDA modelo 6X390, con su respectiva batería de 12V.

3.5 EVALUACIÓN DE EQUIPOS DE LA ESTACIÓN REMOTA CUSCO

Cuadro 3.2 Evaluación Equipos de Comunicación Vía Satélite de la estación remota- Cusco

Cant.	DESCRIPCION	MARCA	ESTADO	SITUACION	OBSERVACIONES
Un	Módem	RADYNE	Bueno	Operativo	Todos estos equipos son de tecnología antigua encuentran discontinuados en su fabricación por ser adquiridos en el año 1996, a la fecha se encuentran operativos.
Un	Multiplexor	PCSI	Bueno	Operativo	
Un	Paquete de RF compuesto de:	CODAN	Bueno	Operativo	
	Módulo Conversor	CODAN	Bueno	Operativo	
	Unidad de interfase	CODAN	Bueno	Operativo	
	Módulo SSPA	CODAN	Bueno	Operativo	
Una	Antena Parabólica de 3.8 m de diámetro	PRODELIN	Bueno	Operativo	Esta antena se encuentra en buenas condiciones de conservación pueden ser sustituidas por otra mas pequeña, puesto que las nuevas tecnologías requieren antenas pequeñas.
Un	Equipo de Computo compuesto de:				
	Un CPU Pentium III	DELL	Regular	Operativo	Estos equipos de cómputo se encuentran operativos pero ya obsoletos para la época.
	Un monitor 17"	DELL		Operativo	
	Un teclado	DELL		Operativo	
	Un Mouse	MICROSOFT	Malo	Inoperativo	
Una	Impresora	NEC	Malo	Inoperativo	Se encuentra inoperativo por no tener re_ puesto en nuestro medio.
Un	Scanner	HP	Malo	Inoperativo	Se encuentra inoperativo por que funciona con el sistema operativo Win-95.
Una	Cámara de video	CONNECTRIX	Malo	Inoperativo	Se encuentra malogrado, requiere cambio
Un	Juego de parlantes	ALTEC LANSING	Malo	Inoperativo	Se encuentra malogrado, se quemó los parlantes.
Un	Sistema de Protección Compuesto de:				
Un	tablero de transferencia automática	LAKE SHORE	Regular	Operativo	Se encuentra operativo, pero requiere mejorar, con las tecnologías actuales.
Un	Estabilizador de voltaje	SISTELEC	Regular	Operativo	Se encuentra operativo, pero requiere mejorar, con las tecnologías actuales.

Un	Sistema de energía ininterrumpida (UPS)	FERRUPS	Malo	Inoperativo	Se encuentra inoperativo, por haberse quemado las resistencias de nicon.
Un	Protector de picos	THE PROTECTOR	Regular	Operativo	Requiere mejorar
Un	Kit de puesta a tierra		Malo	Inoperativo	Se encuentra totalmente abandonado, se quiere un cambio total del sistema, al realizar las mediciones de la resistencia de puesta a tierra su valor sobrepasa los valores admitidos.
Un	Kit de Pararrayos		Regular	Operativo	Cumple su función pero no tiene una buena puesta a tierra requiere mejorar.
Un	Thermomagnético general 2x40 A	TICINO	Regular	Operativo	Se encuentra operando, pero requiere aumentar un interruptor diferencial.
Un	Aire acondicionado	CARRIER	Regular	Operativo	Se encuentra operando, pero requiere mejorar con otro que tenga más bondades.
Un	Grupo electrógeno	HONDA	Regular	Operativo	Este grupo se encuentra operativo pero requiere un mantenimiento general.
Una	Central Privada compuesto de:	NEC	Regular	Operativo	Estos equipos pertenecen a otra red, pero se encuentran interconectadas a través de dos troncales de voz del sistema vía satélite, actualmente se encuentran operando sin mayores problemas.
	PBX - D3	NEC	Regular	Operativo	
	Consola de Operadora	NEC	Regular	Operativo	
	Repartidor principal MDF		Regular	Operativo	
	Barco de baterías	YAESU	Regular	Operativo	
	Aparatos Telefónicos	NEC	Regular	Operativo	

3.6 ANÁLISIS DE TRANSMISIÓN

Primeramente, se hace una descripción de la ubicación geográfica de cada una de las estaciones y la posición de las antenas en elevación y azimuth orientadas hacia el satélite PAS1R utilizado. El software utilizado para este fin es el SatMasterPro v6.4; del cual se utilizó la opción de cálculo de ángulos de elevación. Así, se tienen las figuras 3.27 y 3.28 que muestran la presentación y los resultados de los cálculos.

Figura 3.27 Esquema de presentación del software “SatMasterPro v.6.4”

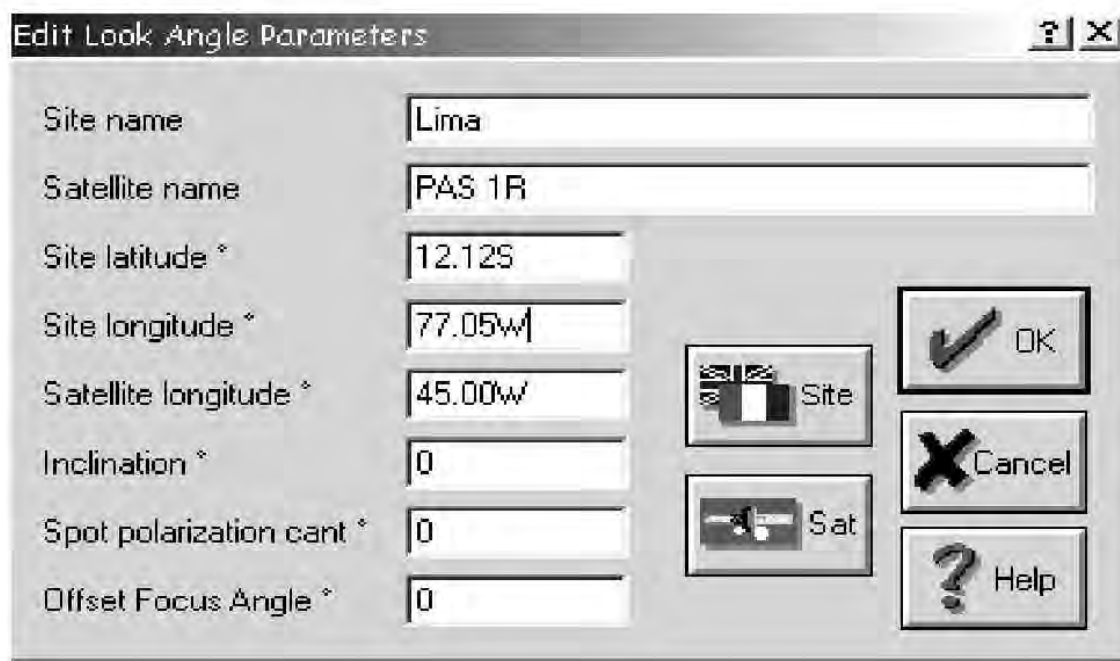
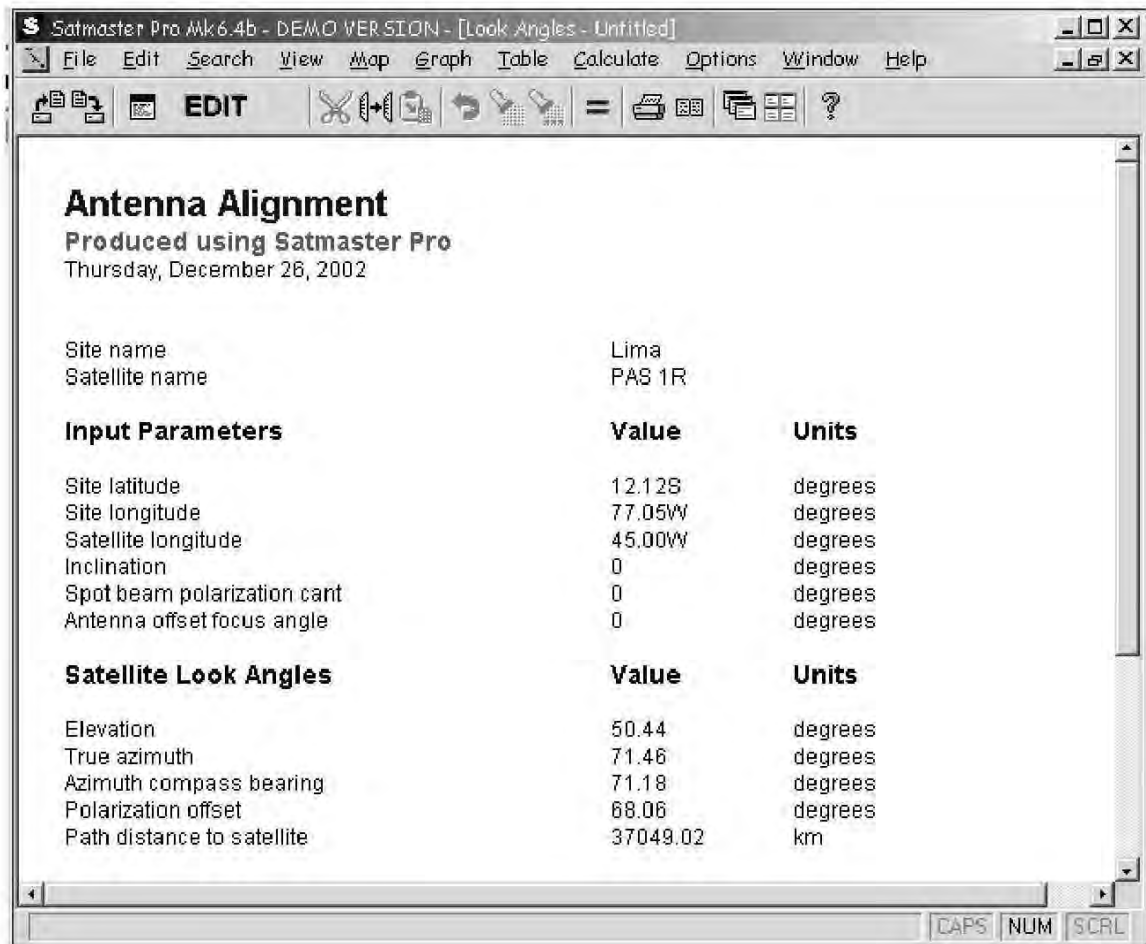


Figura 3.28 Resultados del cálculo de ángulos en el SatMaster Pro v.6.4



Cuadro 3.3 *Ubicación Geográfica y posición con respecto al Pasir del HUB y las estaciones Remotas*

ESTACION	Latitud (Sur)	Longitud (Oeste)	Elevación	Azimuth	Compens. de polarización	Distancia al satélite (en Km.)
Hub Lima	12,12	77,05°	50,44°	71,46°	68,06°	37049,02
Tumbes	3,50°	80,50°	48,62°	85,11°	84,02°	37165,66
Piura	4,86°	80,60°	48,35°	83,25°	81,73°	37183,16
Chiclayo	6,56°	79,83°	48,94°	80,68°	78,67°	37144,82
Trujillo	8,10°	79,00°	49,53°	78,20°	75,79°	37106,50
Huaraz	9,45°	77,49°	50,83°	75,54°	72,86°	37024,72
Arequipa	16,42°	71,53°	53,93°	60,59°	56,78°	36839,61
Tacna	18,70°	70,00°	54,06°	55,49°	51,42°	36832,29
Puno	15,75°	70,00°	55,86°	59,80°	56,38°	36731,27
Cuzco	13,62°	72,10°	54,92°	65,29°	62,08°	36783,23
Ayacucho	13,00°	74,00°	53,27°	67,91°	64,63°	36877,97
Pucallpa	8,38°	74,53°	54,36°	75,57°	73,42°	36815,17
Huancayo	12,08°	75,20°	52,40°	70,22°	67,04°	36929,47
Huánuco	9,82°	76,24°	52,07°	74,30°	71,62°	36948,84
Tarapoto	6,50°	76,50°	52,64°	79,63°	77,75°	36914,73
Iquitos	3,85°	73,22°	56,79°	82,87°	81,93°	36680,95
Cajamarca	6,94°	78,51°	50,33°	79,66°	77,62°	37056,36
Bagua Grande	5,51°	78,42°	50,69°	81,72°	80,11°	37033,72
Madre de Dios	12,77°	69,84°	57,61°	64,48°	61,73°	36637,76
Abancay	13,81°	72,98°	53,94°	65,80°	62,44°	36838,72
Talara	4,34°	81,16°	47,79°	84,09°	82,71°	37220,18

Por otra parte, esta red en estrella trabaja con técnicas de acceso SCPC/FDMA, por lo que existe una portadora por cada estación terrena (40 en total considerando transmisión y recepción). La distribución de frecuencias³ para cada estación terrena se realiza según el Cuadro 3.3

³Durante todo el tiempo que funciona la red, la distribución de frecuencias ha cambiado 3 veces, esto se debe a las modificaciones que ha sufrido la asignación de ancho de banda y el cambio de satélite producido. La distribución de frecuencias corresponde a la utilizada desde Diciembre del 2001 hasta la fecha.

Cuadro 3.4 Distribución de Frecuencias para cada una de las estaciones

No.	ESTACIÓN	FRECUENCIA INTERMEDIA (en Mhz)				RADIO FRECUENCIA (en Mhz)			
		Local		Remoto		Local		Remoto	
		Transmisión	Recepción	Transmisión	Recepción	Transmisión	Recepción	Transmisión	Recepción
1	Tumbes	70.1925	70.2925	50.2925	50.1925	6160.1925	3935.2925	6160.2925	3935.1925
2	Piura	70.4425	70.6425	50.6425	50.4425	6160.4425	3935.6425	6160.6425	3935.4425
3	Chiclayo	70.7925	70.8925	50.8925	50.7925	6160.7925	3935.8925	6160.8925	3935.7925
4	Bagna Grande	70.9925	71.0925	51.0925	50.9925	6160.9925	3936.0925	6161.0925	3935.9925
5	Cajamarca	71.1925	71.2925	51.2925	51.1925	6161.1925	3936.2925	6161.2925	3936.1925
6	Iquitos	71.3925	71.4925	51.4925	51.3925	6161.3925	3936.4925	6161.4925	3936.3925
7	Pucallpa	71.5925	71.6925	51.6925	51.5925	6161.5925	3936.6925	6161.6925	3936.5925
8	Tarapoto	71.7925	71.8925	51.8925	51.7925	6161.7925	3936.8925	6161.8925	3936.7925
9	Huamaco	71.9925	72.0925	52.0925	51.9925	6161.9925	3937.0925	6162.0925	3936.9925
10	Huaraz	72.1925	72.2925	52.2925	52.1925	6162.1925	3937.2925	6162.2925	3937.1925
11	Huancayo	72.3925	72.4925	52.4925	52.3925	6162.3925	3937.4925	6162.4925	3937.3925
12	Talara	72.5925	72.6925	52.6925	52.5925	6162.5925	3937.6925	6162.6925	3937.5925
13	Cuzco	72.8425	73.0425	53.0425	52.8425	6162.8425	3938.0425	6163.0425	3937.8425
14	Madre de Dios	73.1925	73.2925	53.2925	53.1925	6163.1925	3938.2925	6163.2925	3938.1925
15	Ayacucho	73.3925	73.4925	53.4925	53.3925	6163.3925	3938.4925	6163.4925	3938.3925
16	Abancay	73.5925	73.6925	53.6925	53.5925	6163.5925	3938.6925	6163.6925	3938.5925
17	Arequipa	73.8425	74.0425	54.0425	53.8425	6163.8425	3939.0425	6164.0425	3938.8425
18	Trujillo	74.1925	74.2925	51.7925	51.6925	6164.1925	3939.2925	6164.2925	3939.1925
19	Tacna	74.3925	74.4925	51.9925	51.8925	6164.3925	3939.4925	6164.4925	3939.3925
20	Puno	74.5925	74.6925	52.1925	52.0925	6164.5925	3939.6925	6164.6925	3939.5925

En lo que respecta a los parámetros de transmisión, lo más importante que hay que mencionar es que la red trabaja con modulación QPSK para la parte de RF, compresión de voz mediante algoritmos ACELP, utilizando codificación VITERBI para la detección de errores; utiliza un LNA a 55°K de temperatura de ruido con un FEC de 3/4 y/o 1/2 dependiendo de la calidad de la transmisión.

En lo que se refiere a transmisión de voz, esta se realiza empleado codificación ACELP la cual permite transmitir los canales de voz a 9,6 Kbps.

En lo que se refiere a datos, no existen mediciones detalladas de la red al respecto, sin embargo, del desempeño de la red se determinó que se está transmitiendo con un BER de 10^{-6} y un margen de desvanecimiento de 15 dB, lo que nos da una eficiencia de la red de 95% aproximadamente, que para las exigencias actuales de una red de comunicaciones no resulta tan eficiente.

Finalmente, como muestra la figura 3.7 (interconexión con otras redes) la red vía satélite de la PNP conecta solamente con una central de voz la cual permite interconectarse con la PSTN y el sistema privado NEC de telefonía fija de la Policía, y con el servidor de datos de la PNP el cual permite el acceso al sistema de requisitorias de la PNP más no a otro servicio exterior a la PNP, el cual se hace a partir de otros terminales que no están conectados al presente sistema.

3.7 RESUMEN DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA RED Y LOS EQUIPOS DEL SISTEMA VÍA SATÉLITE DE LA ESTACIÓN REMOTA CUSCO

De la información mostrada en el presente capítulo se puede tener una idea de cómo está trabajando la red y, según la tecnología utilizada, determinar cuáles son sus factores positivos y negativos que son determinantes para el desempeño de la red y que resultarían favorables y/o desfavorables en el momento en que la red deba ser ampliada o reestructurada.

Los equipos del sistema vía satélite que tienen un alto costo para el estado peruano se encuentran desprotegidos ya que han sido instalados de una manera inadecuada sin ningún criterio técnico, encontrando sobredimensionado en los valores de los dispositivos de protección existentes como son el sistema de puesta a tierra para los equipos (28 ohmios), el pozo a tierra para el pararrayo Franklin (31ohmios) con poca cobertura ya que se encuentra instalada a una altura de 3.80m., asimismo tiene un solo termo magnético de 40 Amp. Para todo el equipamiento del Sistema.

Se ha podido observar que el sistema de puesta a tierra se encuentra en pésimo estado de conservación no tiene una protección externa ni tapa, los terminales y cables de conexión se encuentran totalmente oxidadas, sobre el terreno donde está

instalado la puesta a tierra se totalmente árido y encima se han crecido plantas y al realizar las mediciones con el telurómetro los valores de la resistencia de puesta a tierra es sumamente altas (28 y 31 ohmios).

Según la información presentada en este capítulo sobre la red y los equipos del sistema vía satélite de la PNP, se han podido observar los siguientes puntos:

- Debido a la tecnología utilizada (FDMA/SCPC) el crecimiento de la red se hará en función al crecimiento del ancho de banda, lo cual resulta poco probable.
- La topología en estrella incrementa el retardo para las comunicaciones entre estaciones remotas, debido al doble salto de satélite.
- El tiempo de vida del software existente sobrepasó su límite.
- Por ser una tecnología antigua el valor agregado disminuye y hay mayor dificultad para la obtención de repuestos por encontrarse estas discontinuadas en su fabricación, por lo que el mantenimiento resulta muy costoso.
- La transmisión de Voz y Data tiene ciertas limitaciones debido a la disponibilidad de ancho de banda y a la tecnología empleada, en data solamente es posible transmitir formatos de imágenes estáticas, mas no es posible transmitir formatos de video y/o videoconferencia y para el caso de voz, su crecimiento está limitado no solo al número de canales de los multiplexores sino al ancho de banda asignado para cada estación remota.
- El acceso a la red y a los enlaces resulta vulnerable ya que no se cuenta con encriptadores que brinden seguridad al sistema.
- Los terminales de la estación remota (a excepción de la transmisión de voz que se interconecta como troncal al sistema privado NEC de telefonía de la X-DIRTEPOL - CUSCO) no se encuentran interconectados a ninguna red adicional, constituyéndose en una red cerrada.

Por estos motivos es que se justifica el planteamiento inicial acerca de la necesidad de realizar un nuevo estudio de protección para los equipos del sistema vía satélite de la estación remota de la Policía Nacional del Perú - sede Cusco.

PARTE II.- ANÁLISIS DE SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA

3.8 CONDICIONES DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO Y CARACTERIZACIÓN DE LA CARGA

3.8.1 Introducción

Un aspecto importante que se debe tener en cuenta en el estudio de los sistemas de protección de los equipos de comunicación de la PNP, es analizar las condiciones de suministro de energía eléctrica y la caracterización de la carga, para ello se instaló en el local de la Policía Nacional del Perú, sito en la Plaza Túpac Amaru – Cusco, un analizador de redes marca Unilyzer 901 (Número de serie 26001636) en el periodo 13 al 17 de abril del 2009, esto ha permitido obtener datos importantes que a continuación se detallan y analizan. Además se obtuvo también de Electro Sur Este información técnica del suministro y consumo histórico de energía y potencia.

3.8.2 Punto de Alimentación

La energía eléctrica para la alimentación de los equipos de comunicación de la PNP es suministrada por la empresa Electro Sur Este S.A.

La alimentación se efectúa desde la sub estación de distribución número 10176 con transformador marca Alstrom de potencia nominal 160KVA, cuya relación de transformación es de 10.5/0.23 KV, perteneciente al alimentador Dolorespata salida 6.

Mayores detalles del transformador y del punto de alimentación se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 3.5 Datos del Transformador y Suministro PNP

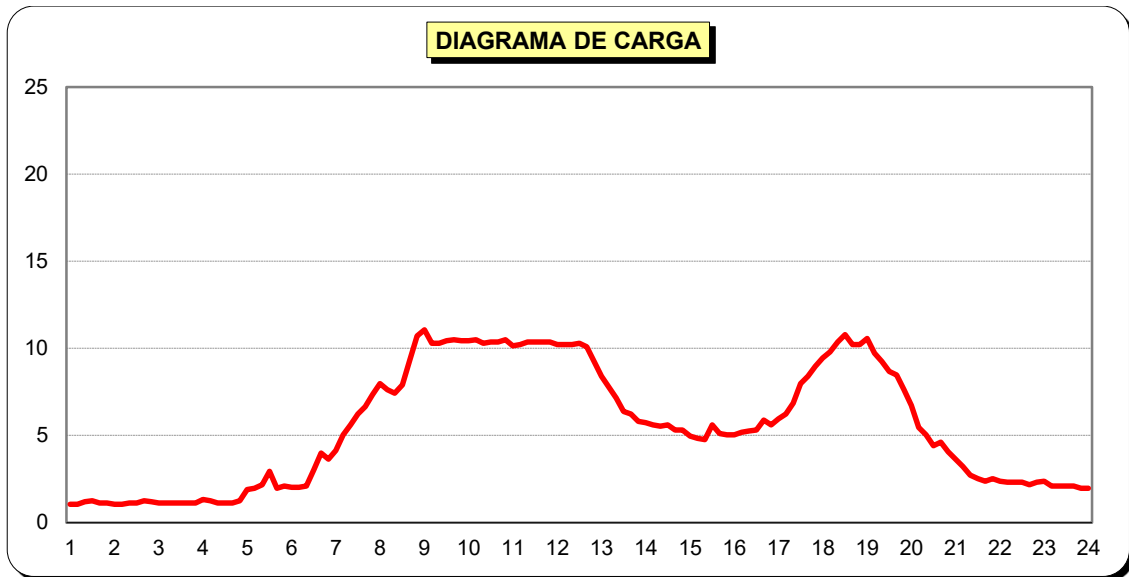
CAMPO	VALOR	CAMPO	VALOR
OBJECTID	206	OBJECTID	107945
CODIGOEMPRESA	ESE	CODIGOSUMINISTRO	ESE0010004444
CODIGOSUCURSAL	1	NOMBRESUMINISTRO	DUEPNP
CODIGOTECNICOSED	10176	DIRECCIONSUMINISTRO	PLAZA TA
CODIGOTECNICOTRAFODIST	1	CODIGOTECNICOSED	10176
CODIGOMARCA	ALSTOM	CODIGOTECNICOALBT	3
CODIGOMODELO	MOD1_ALSTOM	CODGIOTARIFA	BT4
NUMEROSERIE	493600	CODIGOFASEALIMENTACION	RST
ANOFABRICACION	1982	CODIGORUTA	11345000550
POTENCIANOMINAL	160	TIPOSISTEMASERVICIO	T
TENSIONNOMINALLADO PRIMARIO	10.5	CODIGOACOMETIDA	ESECO1ACO66887
TENSIONNOMINALLADO SECUNDARIO	220		
CORRIENTENOMINALLADO PRIMARIO	0		
CORRIENTENOMINALLADO SECUNDARIO	0		
NROPOSICIONESTAPTRAFOELECT	1		
PORCENTAJEINTERVALOTAPTRAFO	1		
POSICIONTAPOPERACION	1		
CODGRUPOCONEXIONTRAFOELECT	Dyn5		
CODIGOTIPOPOTRANSFORMADORELECT	SIM		
CODIGOTPOVENTILACION	NOR		
TIPOSISTEMAELECTRICO	T		
ALTURASOBRENIVELDELMAR	0		
CODIGOESTADOCONSERVACION	BLUE		
MAXIMADEMANDA	25		
MAXIMADEMANDAAP	1.47		
ANGULO	249		
FACTORUTILIZACION ELECTRICO	0.17		

Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

3.8.3 Caracterización de la Carga

A fin de determinar con precisión el comportamiento total de la carga, se obtuvo el diagrama de carga correspondiente a un día típico (14/04/2009).

Figura 3.29 Diagrama de carga de la PNP



	MD kW
HORAS PUNTA	10,78
HORAS FUERA	11,06
FECHA	14/04/2009

3.8.4 Análisis de la Energía y la Potencia

El siguiente cuadro muestra el registro histórico de la energía y potencia consumida en los tres últimos años:

Cuadro 3.6 Registros de Energía y Potencia Consumida -PNP

Mes	Tar.	CONSUMO ENERGIA Kwh			MAXIMA DEMANDA kW		
		EA	EAHP	EAHFP	MD	MDHP	MDHFP
200701	BT4	2800,00	680,00	2080,00	10,40	10,40	9,60
200702	BT4	2760,00	720,00	2080,00	10,40	10,00	10,40
200703	BT4	2680,00	640,00	2040,00	11,20	9,60	11,20
200704	BT4	2400,00	560,00	1840,00	10,80	9,20	10,80
200705	BT4	2760,00	680,00	2040,00	11,60	11,60	10,40
200706	BT4	2600,00	680,00	1960,00	13,20	11,20	13,20
200707	BT4	2920,00	720,00	2200,00	13,20	13,20	12,80
200708	BT4	2840,00	760,00	2080,00	12,00	12,00	11,20
200709	BT4	2720,00	680,00	2040,00	11,60	11,20	11,60
200710	BT4	2800,00	640,00	2120,00	11,20	10,80	11,20
200711	BT4	2840,00	720,00	2160,00	11,20	11,20	10,80
200712	BT4	2760,00	680,00	2040,00	10,80	10,80	10,80
200801	BT4	3200,00	760,00	2440,00	12,80	12,00	12,80
200802	BT4	3080,00	760,00	2320,00	12,80	12,80	11,60
200803	BT4	2920,00	720,00	2240,00	12,00	12,00	11,60
200804	BT4	2920,00	720,00	2200,00	12,00	12,00	11,20
200805	BT4	2920,00	720,00	2160,00	13,20	13,20	11,20
200806	BT4	2640,00	680,00	1960,00	14,00	14,00	12,00
200807	BT4	2960,00	760,00	2200,00	15,60	15,60	11,60
200808	BT4	3080,00	800,00	2320,00	12,80	12,80	10,00
200809	BT4	2760,00	720,00	2040,00	11,20	11,20	10,40
200810	BT4	2720,00	640,00	2040,00	11,60	11,60	11,60
200811	BT4	2880,00	720,00	2160,00	14,40	14,00	14,40
200812	BT4	2440,00	600,00	1880,00	12,00	12,00	11,60
200901	BT4	2920,00	720,00	2160,00	12,40	12,40	10,80
200902	BT4	2640,00	720,00	1920,00	11,20	11,20	10,00

Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

De los datos se puede observar que el consumo promedio de energía es de aproximadamente 2806 kWh/mes y el 75% se efectúa en horas fuera de punta. Así mismo la potencia alcanza un valor promedio aproximado de 12 Kw.

3.8.5 Calidad del Producto

Los resultados de los principales parámetros medidos se muestran a continuación:

3.8.5.1 Análisis del perfil de tensiones

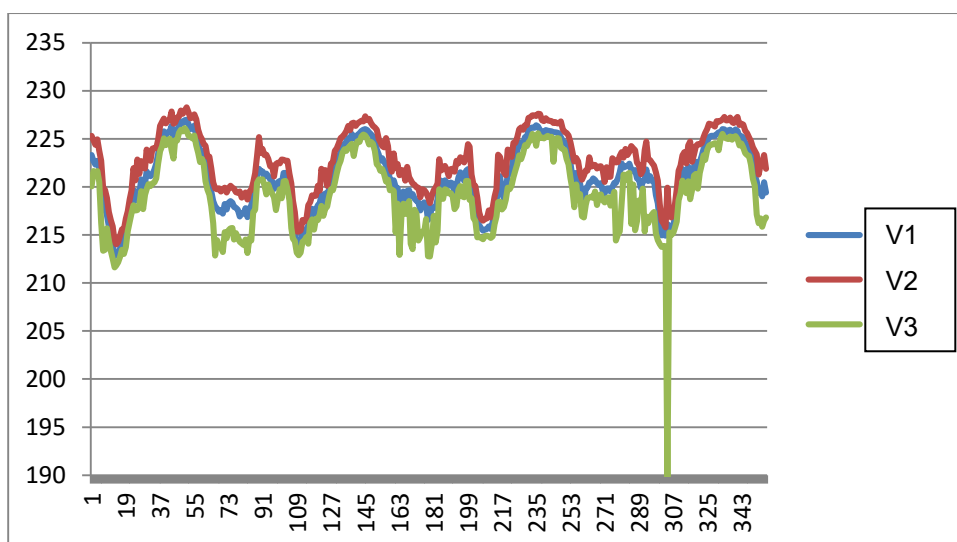
- Variaciones de Tensión: periodo de medición 5 días

Cuadro 3.7 Perfil de Tensiones PNP

Item	U1Avg	U1Max	U1Min	U2Avg	U2Max	U2Min	U3Avg	U3Max	U3Min
Máximo	226,98	228,28	226,10	228,30	229,55	227,60	228,43	229,61	227,76
Mínimo	212,81	214,03	189,47	214,47	215,57	189,85	214,51	215,69	189,41
Promedio	221,02	222,70	219,31	221,71	223,37	220,31	222,25	223,90	220,71

La tensión promedio se encuentra dentro de los márgenes establecidos por la NTCSE $\pm 5\%$; sin embargo se puede notar registros mínimos de 189 voltios que afectan al sistema de comunicaciones.

Figura 3.30 Variación de Tensión PNP



Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

3.8.5.2 Análisis de Armónicos de Tensión

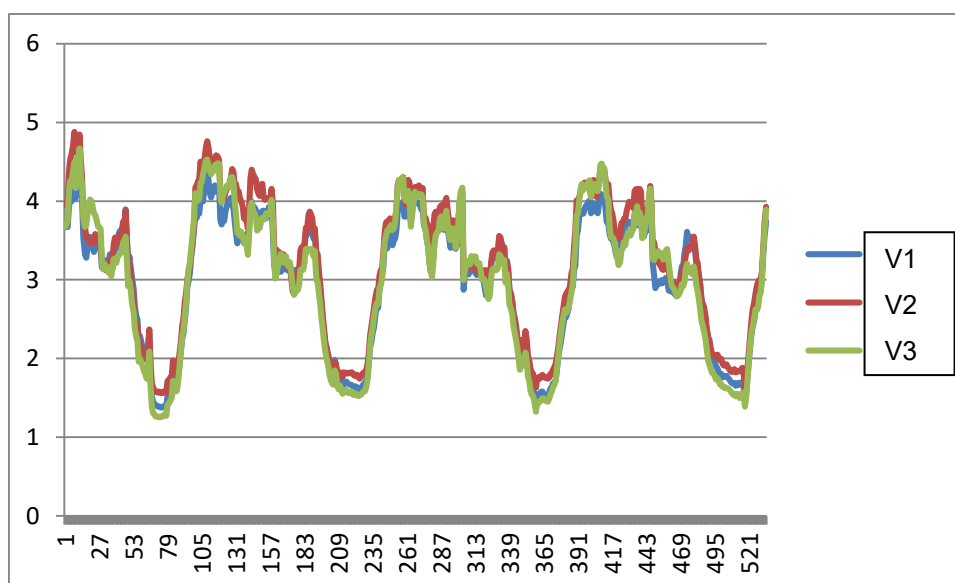
- Perturbaciones (Armónicos de tensión): Período de Medición: 5 días

Cuadro 3.8 Factor de distorsión de armónicos de tensión

Item	THDF_U1 (%)	THDF_U2 (%)	THDF_U3 (%)
Máximo	4,44	4,88	4,67
Mínimo	1,37	1,56	1,25
Promedio	3,00	3,17	3,01

Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

Figura 3.31 Armónicos de tensión PNP



Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

Los armónicos de tensión se encuentran dentro de lo permitido por la NTCSE que establece THD máximo de 5%

3.8.6 Calidad del Suministro

3.8.6.1 Interrupciones

En el periodo analizado no se produjeron interrupciones.

3.8.7 Análisis de Corriente

Cuadro 3.9 Variación de Corriente

Item	I1Avg	I1Max	I1Min	I2Avg	I2Max	I2Min	I3Avg	I3Max	I3Min
Máximo	36,39	50,68	34,79	27,53	39,36	26,07	35,97	49,64	33,52
Mínimo	8,06	8,58	7,26	2,73	2,92	2,40	4,81	5,23	4,34
Promedio	17,10	22,16	15,54	11,90	16,16	10,82	15,32	20,16	13,87

Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

Del análisis de corrientes, se encontró que existe un pequeño desbalance en la fase S.

Recomendación:

Realizar una nueva distribución de cargas, de tal manera, que éstas queden debidamente balanceadas.

CAPITULO IV

PROPUESTA DE OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE PROTECCION ELECTRICA

4.1 INTRODUCCION

La instalación de un sistema de comunicaciones vía satélite, demanda de inversiones grandes y el nivel de transmisión de voz y data es importante, es por ello que debe contar con un sistema de protección adecuada para evitar daños a los equipos.

El diagnóstico realizado ha puesto en evidencia que el sistema de protección actual es deficiente, no cubre ni los requisitos mínimos de protección de una instalación común, por lo tanto, especialmente los efectos de una sobretensión podrían poner en peligro los equipos de comunicaciones y es por este motivo, que el desarrollo del presente capítulo radica en la implementación de un sistema de protección eléctrica, basadas en un sistema de puesta a tierra de acuerdo a las normas establecidas para equipos de comunicaciones, la instalación de equipos de protección tales como: Limitadores de sobretensión que permitan drenar a tierra corrientes de hasta 10 KA; los interruptores diferenciales, para proteger contra fallas a tierra, con ello proteger a las personas de contactos directos e indirectos, asimismo evitar incendios de origen eléctrico producidos por las fugas de corriente y finalmente los interruptores termomagnéticos para proteger contra sobrecorrientes producidos por sobrecarga y cortocircuitos.

4.2 ANALISIS Y EVALUACION DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA ACTUAL DE LA ESTACION REMOTA DEL SISTEMA VIA SATELITE DE LA PNP UBICADO EN LA PLAZA TUPAC AMARU.

4.2.1 Descripción y Evaluación de los Pozos a Tierra actual.

Existen muestras evidentes de que no se han hecho ningún tipo de mantenimiento en las puestas a tierra desde hace mucho tiempo, el lugar se encuentra lleno de basura y hiervas, el terreno está muy seco, los pozos no cuentan con tapas de protección, los bornes de conexión entre el cable y la varilla se encuentra oxidadas y sulfatadas haciendo un falso contacto, el conductor de puesta a tierra esta tendido con curvaturas muy pronunciadas, el conductor de PAT no se encuentra conectado a una barra de aterramiento.

Recomendación:

Construir una nueva puesta a tierra de acuerdo a las recomendaciones de las normas vigentes para un sistema de comunicaciones.

Los tableros de distribución no presentan barras de aterramiento para la conexión de puesta a tierra, y evidentemente los tomacorrientes no están conectados a tierra.

4.2.2 Medición de la Resistencia de puesta a Tierra actual

La medición se realizó utilizando el instrumento llamado Teluómetro de tres terminales identificados con la letras: **(C)** electrodo de corriente (varilla de PAT), **(P)** electrodo de potencial y **(E)** electrodo (punto más alejado a la varilla de PAT) los mismos se colocan en línea recta a una profundidad aprox. de 0.18m. El electrodo del punto (E) se coloca a 30m. de la varilla de PAT, luego el electrodo de potencial (P) se coloca teniendo como base la varilla de PAT(C) aplicando el 62% de dicha distancia ósea aproximadamente a 18.5 m.; una vez terminada esta operación se procede a revisar que las conexiones estén bien hechas, los electrodos estén en línea recta y la medida de los 30m. y la aplicación del 62% este bien hechas, seguidamente seleccionamos la escala mayor de la resistencia, luego pulsamos el botón de encendido, realizando la lectura correspondiente de la resistencia de puesta a tierra, adicionalmente podemos ir bajando la escala de la resistencia cuando los valores de la resistencia medida sean menores para poder obtener con más precisión las medidas realizadas.

Figura. 4.1 El Telurómetro Analógico.



Los resultados de la medición obtenida en el pozo a tierra para equipos de comunicación vía satélite y el pozo a tierra del pararrayos del sistema nos da los valores que se aprecian en el cuadro siguiente:

Cuadro 4.1 Puestas a Tierra actual de la Estación Remota Cusco

No	PAT	Varillas	Resistencia (Ω)	Longitud (m)	Diámetro (Pulg.)
1	Equipos vía Satélite	1	28	2.4	3/4"
2	Pararrayos	1	30	2.4	3/4"

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Análisis Porcentual de la Humedad del suelo

En la zona en estudio se ha aprovechado la realización de excavaciones hechas para la construcción en otro sector del local de la PNP para tomar una muestra y analizarlos en la Unidad de Prestaciones de Servicio de Análisis Químico del Departamento Académico de Química de la UNSAAC cuyo resultado de porcentaje de humedad es de 9.89% para la muestra de 1.50 m de profundidad.

4.2.4 Análisis del Grado de Acidez o Alcalinidad (pH) del suelo

El PH indica la concentración de iones hidrógeno en una disolución, es una medida de la acidez de la disolución. Entre 0 y 7 la disolución es ácida y de 7 a 14 es básica.

El tipo de suelo es alcalino (base débil) con un pH de 9.10.

4.3 DISEÑO DE UN NUEVO SISTEMA PUESTA A TIERRA PARA LOS EQUIPOS DE COMUNICACIONES VÍA SATELITE DE LA ESTACIÓN REMOTA CUSCO.

Los sistemas de puesta a tierra diseñados para instalaciones que contienen equipos electrónicos sensibles, como los equipos vía satélite, se pueden enfocar de forma tal que se obtengan tres subsistemas funcionales como:

- A. Subsistema de electrodos a tierra**, establece la referencia a tierra para descargas atmosféricas, fuego eléctrico y propósitos de peligro de shock de la instalación.

- B. El subsistema de protección contra fallas**, es conocido como “sistema de puesta a tierra del equipo”. Su principal propósito es la seguridad y puede ser de punto simple, puntos múltiples, radial o híbrido de alguna forma.

- C. Los subsistemas de referencia de señales**, con estructuras de planos equipotenciales aseguran que existirán variaciones de voltaje mínimas entre los circuitos de señales unidos a estos y al equipo interconectado.

4.3.1 Análisis de la Resistividad del Terreno en el Local de la X- DIRTEPOL PNP Cusco sito en la Plaza Túpac Amaru s/n- Wanchaq - Cusco.

El factor más importante de la resistencia a tierra no es el electrodo en sí, sino la resistividad del suelo mismo, por ello es requisito conocerla para calcular y diseñar la puesta a tierra de sistemas. Los suelos están compuestos principalmente, por óxido de silicio y óxido de aluminio que son muy buenos aislantes, sin embargo, la presencia de sales y agua contenidas en ellos mejora notablemente la conductividad de los mismos.

Para el presente diseño se ha tomado algunos datos del análisis de suelo existente, para la construcción del nuevo local policial “División de Unidad de Servicios Especiales”, la misma que se encuentra ubicado en la Plaza Túpac Amaru – Wanchaq, junto al local donde será instalado el pozo a tierra.

Los factores que determinan la resistividad de los suelos son:

A. Sales solubles

Una mayor concentración de sales disueltas en el terreno mejorará notablemente la conductividad y por lo tanto la resistividad, pero resulta que el terreno donde se instalará el pozo a tierra según análisis realizado no cuenta con la suficiente cantidad de electrolitos 2% de NaCl.

B. Composición del terreno

El terreno está compuesto por tierras limosas y un conglomerado de tierra fina con piedras menudas.

C. Estratigrafía

En excavaciones hechas hasta 3 m. de altura se ha encontrado 2 capas de estrato:

Estrato Superficial compuesto de tierra limosa de espesor de 1.2m. y el estrato Subyacente está compuesto de un conglomerado de tierra fina con piedras menudas, cuya resistividad por capas es variable haciendo un promedio de 415Ω-m.

D. Granulometría

El terreno es poroso con granos de tamaño mediano y no tiene la suficiente capacidad de retener la humedad.

E. Estado hidrométrico

Para analizar este caso se ha tomado la muestra el mes de mayo, mes de sequía en la Sierra y según análisis realizado el contenido de la humedad es de 1%.

F. Temperatura

Teniendo en cuenta que en el mes de mayo la temperatura desciende hasta 3° C. por lo que la resistividad del terreno aumenta considerablemente con el friaje.

G. Compactación

La plaza Túpac Amaru – Wanchaq lugar donde se instalará el pozo a tierra no es un terreno bien compactado la misma que influirá notablemente en la resistividad del terreno.

4.3.2 Métodos para reducir la resistencia de puesta a tierra actual.

A. Aumento de diámetro del electrodo

Para el electrodo de cobre puro electrolítico de 3/4" de diámetro y 2.40 m. de longitud, utilizado en el diseño añadiremos una helicoidal de cable 1/0 AWG, de 13 m. de longitud, cuyo diámetro de las espiras será de 18 cm. y la separación entre estas de 20cm, con ello pretendemos reducir el 30% de la resistencia, es decir que el diámetro del electrodo creció de 3/4". a 18cm, lo que equivale a utilizar un electrodo de 7".

B. Cambio de terreno en el pozo a tierra

En vista que el terreno presenta alta resistividad 415 Ω -m, se realizara un cambio total del terreno con un terreno rico en sales naturales (tierra negra), la misma que será mezclada con bentonita, con esta combinación pretendemos reducir la resistencia puesta a tierra hasta un 50%.

C. Tratamiento químico electrolítico del terreno

El primer tratamiento del terreno se realizará a base de sal y carbón vegetal, con el fin de dar mayor conductividad al terreno y el carbón vegetal que servirá como absorbente de las sales disueltas y la humedad, y como segundo tratamiento químico utilizaremos 2 dosis de thorgel disueltas en 80 l. de agua.

4.3.3 Preparación de la puesta a tierra

4.3.3.1 Excavaciones

Una vez ubicado el lugar adecuado para la instalación de puesta a tierra, se excavara un pozo vertical de diámetro de 1 m y 2.5 m de profundidad.

4.3.3.2 Tratamiento del terreno para el llenado de pozo a tierra

En el pozo no deben existir piedras, plásticos, ni derrames de aceites porque degradan la conductividad del terreno. El tratamiento primario del pozo se realizará con sal y carbón vegetal, para lo cual se preparara una solución de 150 l. de agua con 25 Kg. de sal, vaciando esta mezcla hasta

su absorción total, seguidamente se depositara en el fondo 15 Kg. de sal y carbón vegetal.

En vista que el terreno existente no es el adecuado para una puesta a tierra se hará un cambio total del terreno en el pozo a tierra, con tierra negra rico en sales la misma que se combinara con 2 bolsas de Bentonita de 50 Kg., esta mezcla se llenara al pozo compactando cada cierta altura del llenado cubriendo el electrodo y la helicoidal instalado hasta una altura de 1.5 m. seguidamente se agregará otra solución de agua con sal, en las mismas proporciones anteriores, y después de la absorción total se depositará 10 Kg. de sal formando un collarín, para luego continuar con el llenado con la tierra preparada hasta 0.5 m. de la superficie, una vez concluida con el llenado se mezcla el contenido de la primera caja bolsa azul de la primera dosis de THOER-GEL en 20lts. de agua y se vierte en el pozo esperando que todo sea absorbido, y luego se disuelve la otra dosis de THOR-GEL de la bolsa crema procediendo de la misma forma anterior, y se repite igual para la segunda caja de THOR-GEL, finalmente se concluirá llenando con la misma tierra original.

4.3.3.3 Instalación y conexiones

En el pozo se insertara el electrodo con la helicoidal unida a 20 cm de los extremos con conectores pico de loro de 3/4" hasta que quede a 0.15m. de la superficie, en la parte superior del electrodo se hará el conexionado con el cable de puesta a tierra unida con soldadura Cadweld, para evitar la corrosión y falsos contactos en la unión.

En el recorrido del conductor de puesta a tierra no deberá tener curvas pronunciadas debido a que se formaran pequeñas inductancias, lo cual es insignificante para frecuencias de 60 Hz; pero puede crear una alta impedancia a la frecuencia del rayo, este puede ser suficiente para que ocurra una descarga de retorno (flashover) y la corriente puede fluir a tierra por otros caminos diferentes a la ruta diseñada, ocasionando daños significativos en su trayecto.

4.3.3.4 Acabados

Se colocara una protección externa con caja de registro de concreto con las siguientes dimensiones de 40 X 40 cm. y una profundidad de 30 cm., tapa cuadrada con símbolo de una puesta a tierra.

4.3.3.5 Medición de la Resistencia de puesta a tierra

La medición nos permite verificar la capacidad de evacuación y dispersión de corriente a tierra en el sistema instalado (una puesta a tierra será eficiente cuando su medición arroje valores pequeños, menores a 8 ohmios).

Para verificar las condiciones de resistencia de una puesta a tierra se debe tener presente los siguientes requerimientos:

- La instalación debe estar desenergizada
- Se deben retirar todas las conexiones de la puesta a tierra
- La medición se efectúa por dos métodos: Directo (utilizando el medidor de tierra) o indirecto, en nuestro caso se realizará con el instrumento llamado Telurómetro de tres terminales empleando los procedimientos ya explicados en el tópico 4.2.2.

4.3.3.7 Inspección y mantenimiento del pozo a tierra

Las inspecciones se realizarán anualmente, con el fin de comprobar la resistencia y las conexiones, esta labor debe ser efectuada en tiempo de sequía con el fin de evaluarlas en el momento más crítico del año por falta de humedad. El mantenimiento periódico se debe realizar cada 4 años incorporando un nuevo tratamiento con THOR-GEL, este tratamiento es preventivo y no correctivo.

4.3.3.8 Materiales a emplear para un pozo de puesta a tierra para equipos del Sistema Vía Satélite de la Estación Remota - Cusco.

- 01 Varilla de cobre electrolítico de 99.9 % de pureza de 3/4"x 2,40 m.
- 13 m. de cable de cobre desnudo de 50 mm² o 1/0 AWG, para utilizar en la helicoidal como electrodo auxiliar.
- 02 Conectores desmontables (conector pico de loro de 3/4")
- 01 Soldadura Cadweld.
- 35 Kgs. de sal industrial
- 25 Kgrs. de carbón vegetal
- 01 Balde de 20 Litros de capacidad
- 01 Pozo vertical (1m de diámetro X 2.50m de profundidad)
- 01 Escalera de 3m
- 03 m³ de tierra negra rico en sales minerales para el relleno del pozo a tierra
- 02 Bolsas de Bentonita de 50 Kgrs. c/u.
- 02 Dosis de sales químicas (THOR-GEL)
- 25m de conductor de conexión (cable N° 6 AWG, color amarillo o amarillo-verde) desde el pozo a tierra hasta la barra de aterramiento del tablero eléctrico de distribución que será ubicado en la sala de equipos.
- 01 Caja de registro de concreto de 40X40 x30 cm., con tapa y símbolo de puesta a tierra.

NOTA:

Se ejecutara otro pozo a tierra de igual característica para el sistema de pararrayos, aclarando que para este sistema no es indispensable contar con la

resistencia de puesta a tierra baja del orden de 0 a 3 ohmios, sino que esta admitido llegar hasta los 10 ohmios.

4.3.3.9 Herramientas y equipos necesarios para el montaje del sistema de puesta a tierra.

01 Pico, pala y barreta

01 Alicata universal

01 Pizón de 40 Kg. Para compactar la tierra del pozo a tierra

01 Wincha métrica

01 Nivel

01 Plancha de albañil

01 Taladro Eléctrico con un juego de brocas

01 Extensor

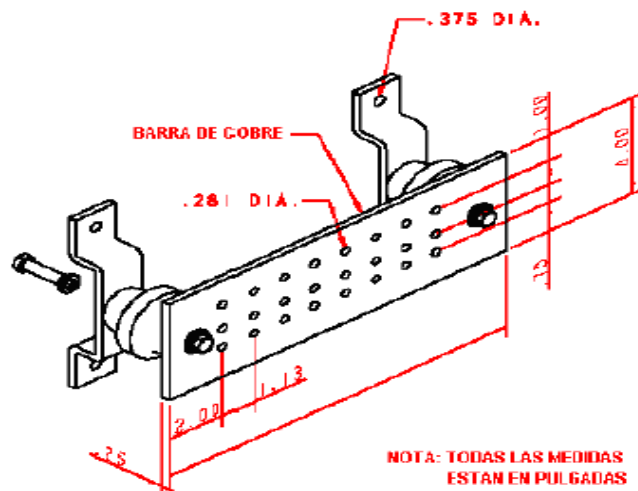
01 Telurometro analógico de tres terminales con sus respectivos accesorios (electrodos y cables de conexión)

4.4 ATERRAMIENTOS

4.4.1 Barra de Aterramiento

La barra de aterramiento es el área donde terminan todas las conexiones a tierra provenientes de los equipos, guías, etc. Físicamente es una barra de cobre con huecos que tengan una configuración que permita soportar conexiones del tipo doble ojo.

Figura 4.3 Barra de aterramiento.



4.4.2 Aterramiento en Interiores

El sistema de aterramiento interno debe estar conectado al menos en un punto al anillo exterior. Esta conexión debe ser con un conductor de calibre No2 AWG (33.63 mm²) o mayor que posea una chaqueta de color amarillo. La penetración a las paredes deben hacerse con un ángulo de 45 grados para evitar curvaturas bruscas en el recorrido del conductor.

4.4.3 Aterramiento de los Racks

Todos los racks o bastidores que se encuentren en una instalación deben estar aislados del suelo y tendrán una barra de cobre la cual servirá de referencia a todos los equipos que se encuentren en ese rack. Esta barra deberá estar aislada por materiales no conductores del rack que la soporta, y estarán conectadas a la barra principal de aterramiento mediante un anillo de aterramiento para los equipos o el bus de tierra, este está conformado por un conductor de cobre calibre 2 AWG y conectado a la barra de tierra.

4.4.4 Aterramiento de Equipos (Ubicados en Racks)

Las partes metálicas descubiertas de equipos fijos, no destinadas a transportar corriente y que tengan probabilidades de entrar en contacto con partes activas bajo tensión en condiciones anormales, serán puestas a tierra cuando exista cualquiera de las condiciones especificadas a continuación:

- Cuando estén dentro de una distancia de 2,40 metros verticalmente o de 1,50 metros horizontalmente de la tierra o de objetos metálicos puestos a tierra y expuestos a contacto de personas.
- Cuando estén instalados en lugares mojados o húmedos y no estén aislados
- Cuando estén en contacto eléctrico con metales.
- Cuando los equipos estén alimentados por cables colocados en canalizaciones metálicas u otro método de cableado que proveen puesta a tierra de equipos.
- Cuando se cumpla alguna de las condiciones anteriores, los equipos deberán conectarse a tierra. Esta conexión debe hacerse a la barra de tierra del rack que soporta al equipo mediante un conductor de chaqueta color verde y un calibre sugerido por el fabricante del equipo.

Para aterrizar los equipos no se permite utilizar barras de tierras de racks adyacentes.

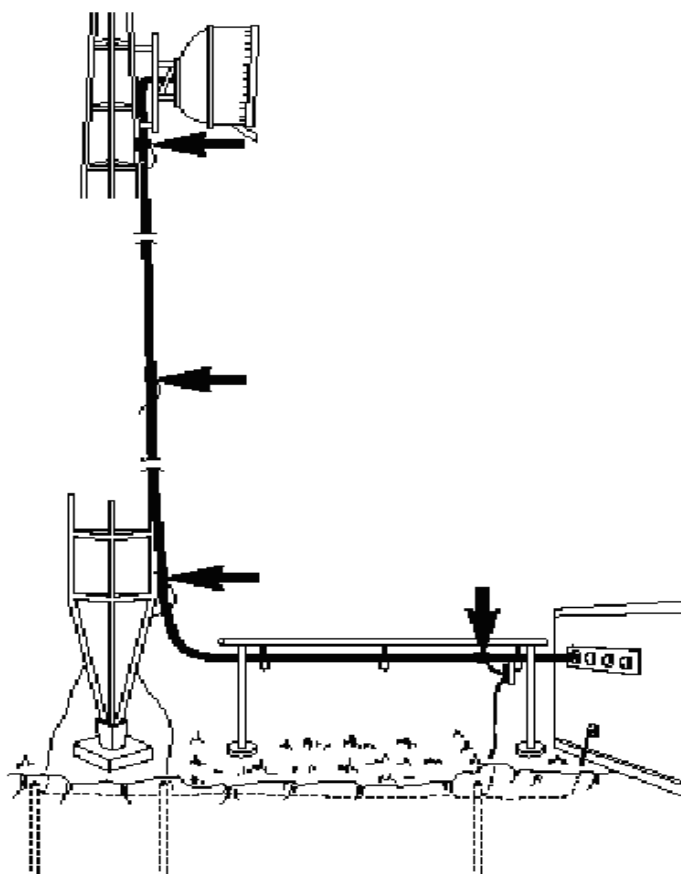
Si el rack donde está ubicado el equipo no contiene una barra de tierra debe colocarse una la cual esté conectada al sistema de aterramiento.

4.4.5 Aterramiento de los Equipos de RF, Antenas y Líneas de Transmisión

Todos los equipos ubicados en una torre o soporte deben estar correctamente conectados al sistema de tierra, esta conexión debe realizarse a la barra de tierra que se encuentre más cerca por debajo del equipo.

La conexión debe hacerse utilizando un conductor resistente a la intemperie (THW o THHW), de calibre 4 AWG (21.15 mm) y chaqueta color amarillo usando conectores de dos ojos para la conexión en la barra. Las líneas de transmisión deben estar aterradas con sus respectivos kits de aterramiento y conectadas en todas las barras de tierra que existan durante su recorrido.

Figura 4.4 Puntos de conexión de aterramiento para las líneas de bajada.



4.4.6 Aterramiento de la Torre (Base de la Antena)

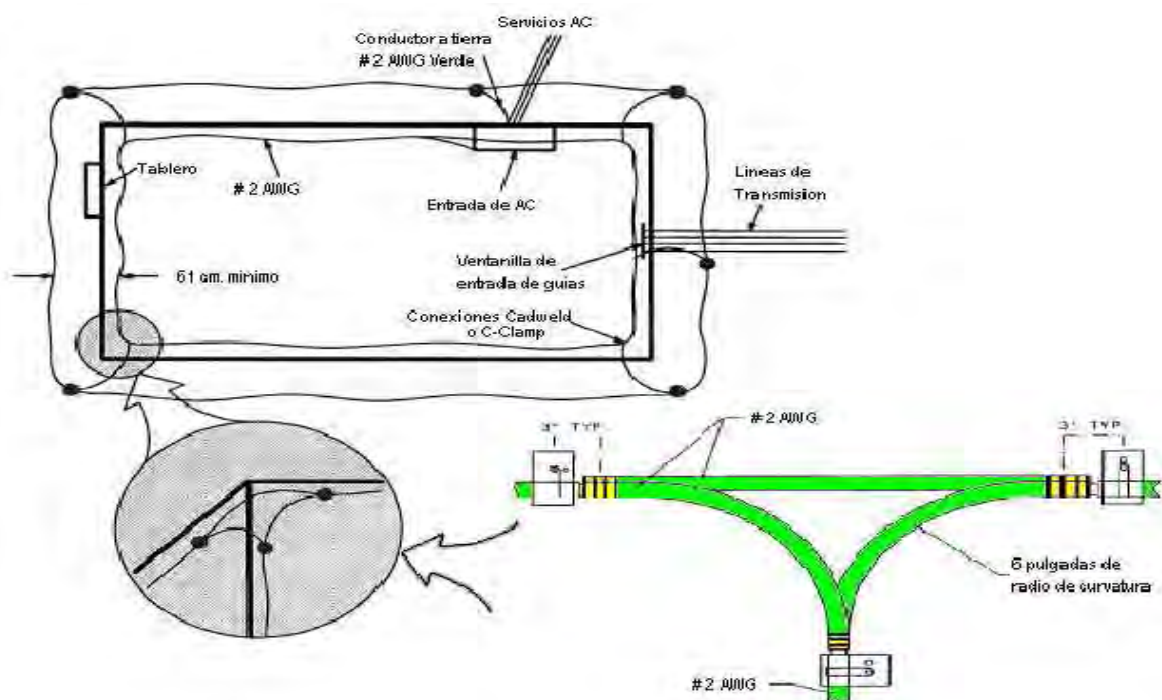
La torre debe estar unida al anillo de aterramiento de la torre el cual debe estar conectado al menos en un punto al anillo externo de la instalación.

4.4.7 Anillo de Aterramiento

Se sugiere instalar un anillo de aterramiento, cuyo propósito principal es proveer un trayecto de aterramiento para periféricos o aparatos de soporte dentro del sistema de comunicaciones o áreas de equipos.

Está formado por un conductor calibre 2 AWG (33.63 mm²) o mayor con chaqueta de color amarillo, y debe instalarse de tal manera que rodee el interior de la caseta donde estén instalados los equipos.

Figura 4.5 Anillo de Aterramiento Interno



4.5 SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

Un sistema de protección contra rayos está compuesto de tres elementos fundamentales:

4.5.1 Un captor (pararrayos)

Es un elemento conductor de una terminación aérea, capaz de atraer una descarga atmosférica, para desviarla de alguna parte vulnerable de una estación de telecomunicaciones, escuelas, viviendas, etc.

El principio de funcionamiento de un pararrayos es la ionización pasiva o activa del aire para excitar la carga, y crear un camino abierto para capturar la descarga del rayo y canalizar su energía potencial por un cable a la toma de tierra eléctrica (puesta a tierra).

Pararrayos tipo Franklin

Pueden ser de una y de cuatro puntas (tetrapuntal), este último es el que usamos en las instalaciones de los Sistemas de Pararrayos para la estación remota del sistema vía satélite de la X-DIRTEPOL Cusco.

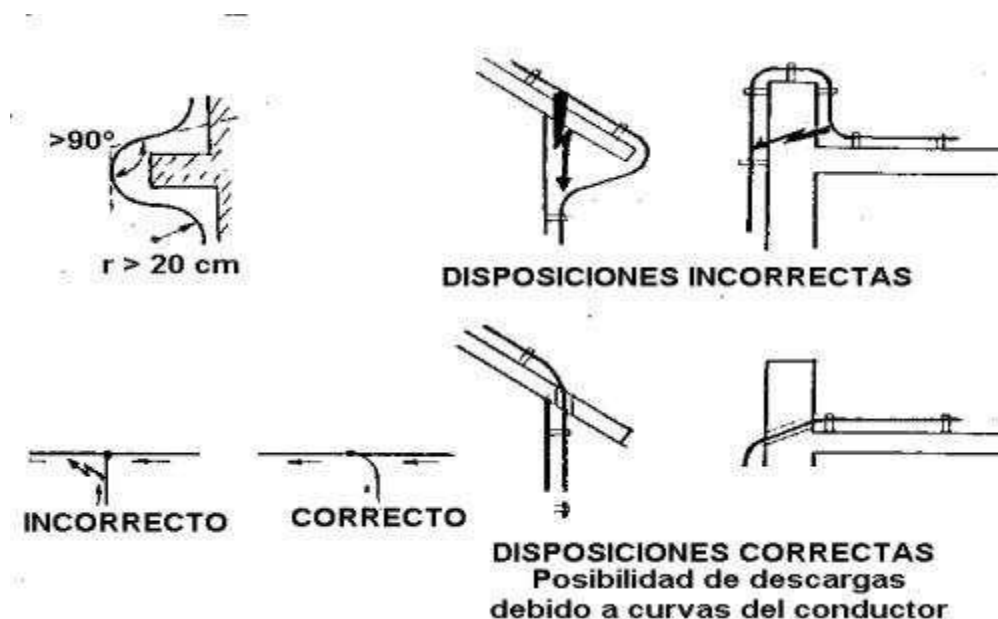
Figura 4.6 Variedad de Pararrayos tipo Franklin



4.5.2 Un conductor bajante

- Es aquel que conecta al captor (pararrayos) y el Sistema de Puesta a Tierra (SPAT).
- A través de él circula la descarga eléctrica de un rayo hacia tierra.
- Evita el peligro de un calentamiento o descarga lateral o alguna posible electrificación de la estructura a ser protegida.
- Conexionado y disposición
- Las interconexiones deben ser mínimas
- La trayectoria será lo más sencilla posible, evitando curvas pronunciadas y ángulos rectos, según se detalla a continuación:

Figura 4.7 Diferentes formas de efectuar el tendido de la línea de bajada.



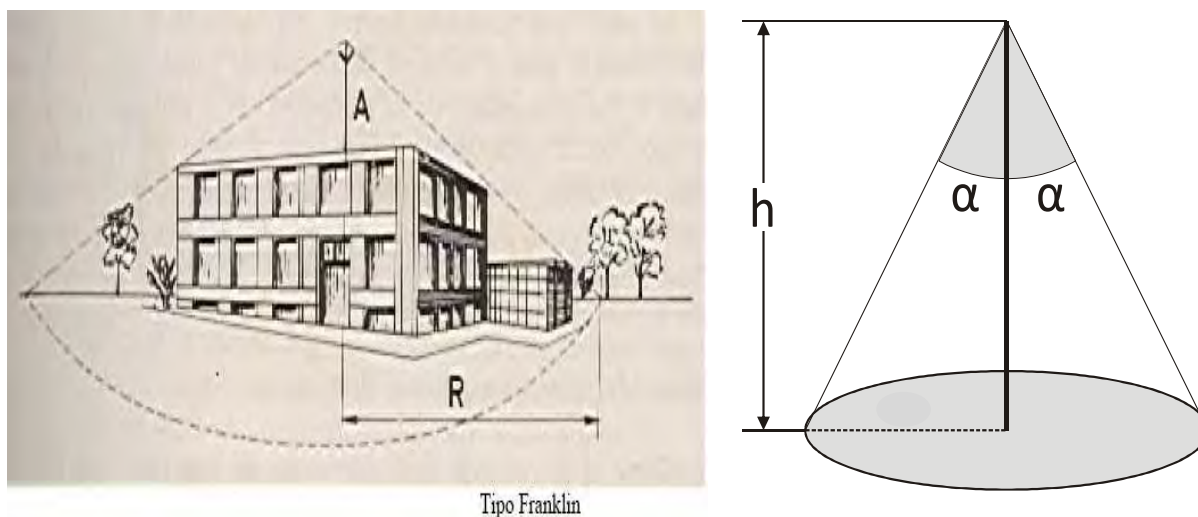
4.6 CAMPO DE PROTECCIÓN DE UN PARARRAYOS TIPO FRANKLIN

Está determinado por un cono, teniendo como vértice el punto más alto del pararrayos y cuya generatriz forma un ángulo de 60° con relación al vértice.

Correctamente instalado, un sistema de Pararrayos puede brindar un ángulo de Protección de aproximadamente de 45 a 60 grados.

Estadísticamente se ha comprobado que su campo de protección se debe calcular aproximadamente con un radio igual a su altura.

Figura 4.8 Cono de protección de un pararrayos tipo Franklin



4.7 SISTEMA EXTERIOR DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Se consideran a todos los dispositivos e instalaciones en el exterior, encima y adosadas a la estructura que se ha de proteger, para captar y derivar la corriente de la descarga atmosférica.

Los componentes de este sistema de protección exterior son: el sistema de atracción, el sistema de conducción y el sistema de dispersión segura.

Sistema de Terminación de Aire.

Son todos los elementos o piezas metálicas situados encima, al lado, o cerca de la instalación que se trata de proteger, y que sirven como puntos la descarga para los rayos; entre estos se tienen: conductores, barras metálicas, mástiles u otros.

Para la selección del tipo de sistema de protección contra descargas atmosféricas a ser instalado, depende de una evaluación práctica donde se determine la vulnerabilidad de los equipos conectados a la edificación ante los efectos electromagnéticos asociados a las descargas. Usaremos el método del ángulo protector.

Ángulo protector: los conductores mástiles y barras que forman parte del sistema de terminación de aire, deben ser instalados de forma tal que todas las partes de la edificación que se busca proteger se encuentren incluidas en la superficie generada por los puntos proyectados por los conductores de este sistema respecto a un plano de referencia, con un ángulo α respecto a la vertical en todas las direcciones.

El ángulo protector α debe respetar los lineamientos de la Cuadro 4.2 (norma IEC61024-1) donde h es la altura del sistema de terminación de aire con respecto a la superficie protegida. En la figura 4.8, se observa cómo un punto simple genera un cono y cómo se crea el espacio protegido por los distintos conductores del sistema de terminación de aire.

Cuadro 4.2 *Parámetros por nivel de protección.*

Nivel de Protección	Altura (m)	20	30	45	60	Ancho de la Malla (m)
	Radio (m)	α	α	α	α	
I	20	25	*	*	*	5
II	30	35	25	*	*	10
III	45	45	35	25	*	10
IV	60	55	45	35	25	20

Fuente: Norma IEC 61024-1.

4.8 ENSAMBLAJE E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE PARARRAYOS

4.8.1 Ubicación de la Torre del Pararrayos

Consideraciones técnicas:

- El primer paso a seguir para la instalación de un sistema de pararrayos, es buscar una posición adecuada que me permita proteger principalmente a la antena parabólica y si fuera posible, también a la sala de equipos del sistema vía satélite.
- La torre del pararrayos se ubicará detrás, o en peor de los casos a los costados de la antena parabólica, nunca delante de ésta, ya que podría interferir la señal hacia el satélite.

- La distancia promedio de la torre del pararrayos a la antena parabólica debe ser de 3 m como mínimo y máximo de 6 m, (la antena parabólica debe estar lo más cercano posible al pararrayos, para que esté dentro de su campo de protección).
- Si queremos aumentar el campo de protección de un pararrayos, entonces debemos ubicarlo sobre la azotea, o en una parte más alta de algún edificio, pero esto estará limitado por el cable de bajada con que se cuente.

4.8.2 Materiales que conforman un Kit del Sistema de Pararrayos

- 01 Captor (Pararrayo Franklin, tetra puntal), consta de conector y 4 puntas
- 01 Mástil de fierro galvanizado de 2,50 m
- 01 Reducción campana galvanizada de 1 1/4" a 1/2"(viene enroscado al mástil de fierro galvanizado de 2,50 m).
- 04 Torres de estructura metálica de 3,0 m, con placa base de acero galvanizado
- 25 m de cable cobre forrado TW 1/0 AWG (se usará para el cable de bajada)
- 01 Juego de soportes y abrazaderas con aisladores (5 unidades c/u)
- 01 Juegos de alambre trenzado de 12 m c/u (para vientos de la torre del pararrayos), con sus templadores y grapas de sujeción (3 unidades c/u).
- 01 Cruceta de fierro de construcción con pernos de sujeción unido a la placa base metálica de la torre del pararrayos.

4.8.3 Materiales adicionales para la construcción de la base del Pararrayos

- 02 Bolsas de cemento
- 04 Carretillas de arena gruesa u hormigón
- 01 Carretilla de piedra chancada o piedra para el cimiento de concreto
- 01 Varilla de fierro de construcción de 1/2" (para la canastilla de fierro a construir y para los anclajes)
- 1/2 Kg. de alambre de construcción N° 16 (opcional)
- 01 zaranda de 1/2 " para colar de tierra de cultivo o tierra negra
- Herramientas varias: picos, palanas, barretas, badilejos, planchas de albañil y carretilla.
- 01 cajón hueco de madera de 60x60x10 cm de alto (usado para el encontrado de la base de concreto)
- 01 Escalera de 3 m.
- 02 baldes de plástico de 20 Litros de capacidad.

- Tubos de PVC SAP de 1” con abrazaderas, autorroscantes y tarugos (cantidad necesaria para el cable de bajada, cuando la torre del pararrayos está sobre azotea)

Notas:

- La canastilla de fierro de construcción de 1/2 “, se soldará a la cruceta de fierro que viene en el kit del pararrayos.
- Se prepararán 03 anclajes de fierro de construcción de 1/2 “, que soportarán los vientos de la torre del pararrayos.
- Para el día de la instalación es necesario contar con un equipo de soldadura eléctrica, un albañil y personal de apoyo.

4.8.4 Herramientas necesarias para el ensamblaje e instalación del Sistema de Pararrayos

- 01 Llave francesa
- 01 Cuchilla para cables
- 01 Alicata Universal
- 01 Alicata de Corte
- 01 Alicata de Punta
- 01 Arco de Sierra
- 01 Martillo
- 01 Juego de Llaves de boca
- 01 Taladro Profesional con 01 juego de brocas de 1/4 “, 3/8 “y 01 broca para muros.
- 01 Extensión eléctrica
- 01 Juego de desarmadores
- 01 Nivel
- 01 Plancha de albañil

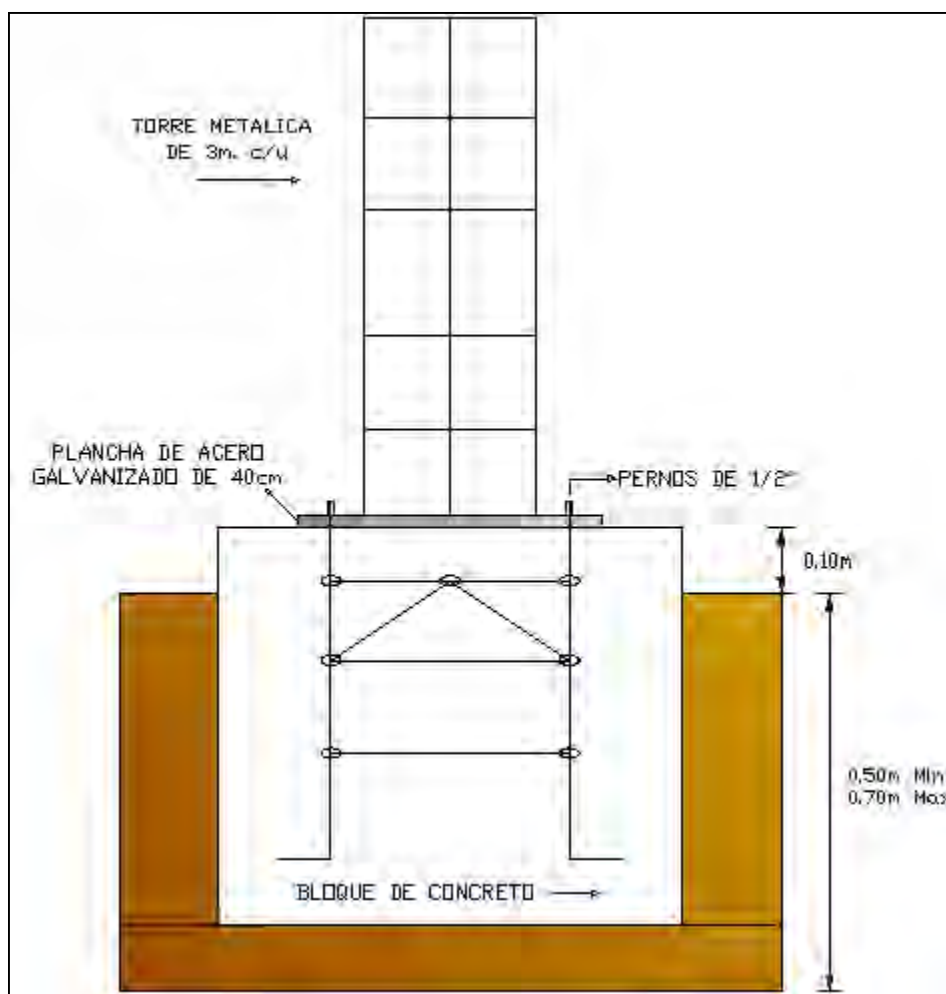
4.8.5 Construcción de la base de la torre del pararrayos y anclajes

Consideraciones técnicas:

- La estructura de concreto servirá de base para la fijación de la torre del pararrayos, deberá ser de 60 cm de lado a una profundidad mínima de 50 cm y como máximo 70cm, dependiendo de la consistencia del terreno, dejando visible 10 cm de loza por encima de la superficie y deberá ser terminado con cemento pulido.
- Cabe mencionar que el kit del Sistema de Pararrayos cuenta además con 4 cuerpos de torre metálica de 3 metros c/u, una de ellas está soldado una plancha de acero galvanizado de 40 cm. de lado con 4 agujeros en cada vértice y tiene una estructura de fierro de 1/2 “ en forma de equis soldado a 4 pernos en sus vértices, a esto se tendrá que soldar una canastilla de fierro de construcción de 1/2 “ para dar mayor seguridad y fijación de la torre del pararrayos con sus respectivos anclajes para vientos.
- Se procede a cavar 01 hoyo de 60x60x60 cm. de profundidad para la base de concreto y 03 hoyos de 35 X35X40 cm. para los anclajes los cuales se ubicarán a una distancia radial de 3 a 3.5 m del centro de la torre del pararrayos, formando ángulos de 120° entre sí.
- Luego se procede colocar la canastilla de fierro de construcción de 1/2“ previamente preparada y soldada a la cruceta de fierro del kit del pararrayos.
- Se procede a colocar el cajón de madera para el encofrado
- Luego se procede a vaciar la mezcla (cemento, arena, piedras) sobre el hoyo que contiene a la canastilla, cubriendo totalmente la canastilla, dejando sobresalir aproximadamente 4 cm. los pernos de la cruceta, verificando bien su nivelación y su acabado con cemento pulido.
- Finalmente se procede a vaciar el concreto sobre los anclajes, previamente preparados con fierro de construcción de 1/2”.
- Dejar secar bien la base de concreto y anclajes para la torre del pararrayos hasta el día siguiente, aprovechar el tiempo en realizar otras actividades como preparación de la puesta a tierra del pararrayos.
- Cabe recalcar que los anclajes servirán para soportar los vientos de la torre del Pararrayos.

Figura 4.9 Instalación de la Base de Concreto en el Suelo

4.8.6



4.8.7 Ensamblaje de la torre del pararrayos

- Luego de verificar el contenido del Kit del Sistema de Pararrayos se colocará la siguiente torre luego de la primera y se procederá a colocarle sus respectivos pernos teniendo en cuenta que tienen un tubo delgado como guía
- Colocar los soportes y aisladores en la posición indicada en la torre (las platinas de ubicación de los soportes en las torres ya vienen perforadas) tener en cuenta la ubicación de estos agujeros para tener alineada las torres
- Se procede a colocar las puntas al captor del pararrayos, la punta más larga ira al centro del captor. Luego se lo enrosca bien sobre la campana reductora del mástil o tubo de fierro galvanizado de 2.5 m y todo esto se lo coloca en la cabeza de la torre del pararrayos
- Los aisladores y el conector del captor, deben estar en la misma dirección (alineados)

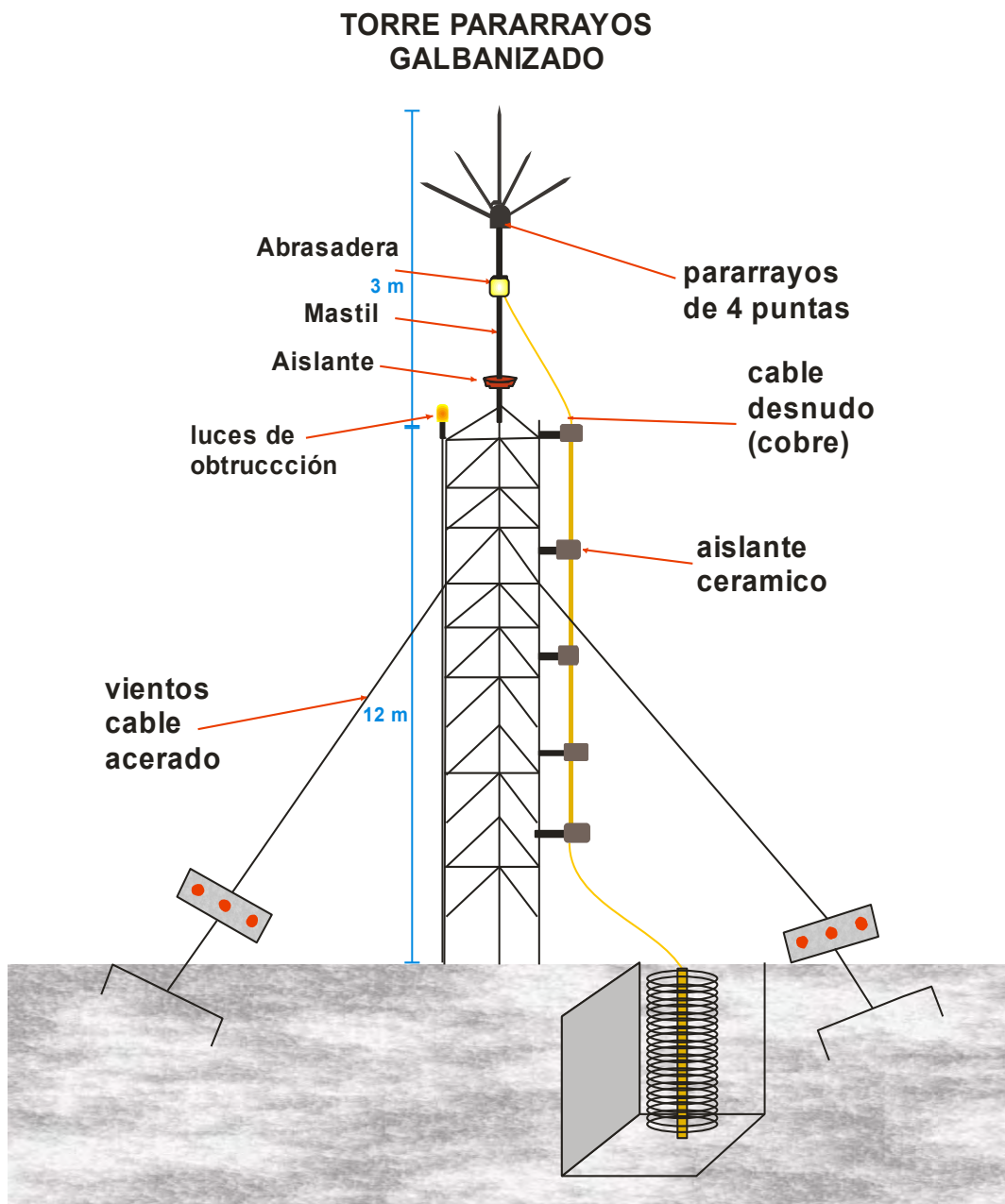
- Realizar la bajada del cable de cobre forrado N° 1/0 AWG por el interior de los aisladores y en el captor (pararrayos), sujetar bien con el perno de fijación del mismo
- Tener en cuenta que el recorrido del cable de bajada, será lo más sencilla posible, evitando curvas pronunciadas, ángulos rectos y curvaturas menores a 20 cm
- Una vez realizada una verificación los ajustes de los pernos, y colocación de los cables para respectivos los vientos, proceder a izar con mucho cuidado y ayuda de terceras personas la torre del pararrayos, colocar la estructura metálica en la base de concreto anteriormente construida y fijándose en los pernos con sus respectivas tuercas de fijación
- Luego se procede a fijar los vientos del pararrayos sobre los anclajes con sus respectivos templadores y grapas de sujeción
- Verificando con el nivel la correcta posición horizontal y vertical de la torre del pararrayos
- Finalmente se procede a acondicionar el cable de bajada hacia el pozo a tierra del pararrayos que se explicará más adelante

4.8.8 Condicionamiento del cable de bajada y Puesta a Tierra

- Previamente se prepara el pozo de puesta a tierra para el pararrayos una vez izada la torre del pararrayos sobre su base de concreto y colocado sus respectivos vientos sobre sus anclajes.
- Se procede a conectar el otro extremo del cable de cobre forrado N° 1/0 AWG al conector del pozo a tierra.
- Luego se procede a interconectar el cable bajante de cobre desnudo N° 1/0 AWG entre el conector del pozo a tierra del pararrayos.
- En el medio del cable de interconexión entre los pozos a tierra del pararrayos y de equipos, se hará un bobinado (espiral de 5 cm. de radio y 10 vueltas), el cual servirá como una bobina de choque, lo que permite bloquear la descarga del rayo hacia el pozo de equipos.
- Tener en cuenta que cable de bajada del pararrayos y el cable de interconexión entre pozos a tierra no deberán cruzar los cables de RF de la antena VSAT, para evitar la inducción eléctrica, y que la distancia entre los 2 pozos a tierra no deben superar los 10metros.

- El sistema de puesta a tierra del pararrayos deberá tener una resistencia menor o igual a 8 Ohmios.
- Finalmente se muestra la instalación del Sistema de Pararrayos ya concluida en la estación remota de la PNP del Cusco.

Figura 4.10 Torre Pararrayos



FICHA TECNICA DE MATERIALES EMPLEADOS EN PUESTA A TIERRA PARA EQUIPOS DE LA ESTACION REMOTA DEL SISTEMA VIA SATELITE DE LA X-DIRTEPOL PNP - CUSCO.			
Nombre del Material	Cantidad	Característica	Descripción
Pozo vertical	2 Unidades	1m dmtro. x 2.50m Prof.	PAT de equipos y pararrayo
Varilla de cobre electrolítico de 99.9% de pureza	2 Unidades	3/4" x 2.40m	PAT de equipos y pararrayo
Cable de cobre desnudo para helicoidal	26m	50mm ² ó 1/0 AWG	PAT de equipos y pararrayo
Conectores desmontables pico de loro	4 Unidades	3/4"	conexión de la helicoidal a la varilla Cu para soldar el conductor a la varilla
Soldadura Cadweld	2 Unidades		
Tierra negra	5m ³	Rico en sales minerales	Rellenar los 2 pozos a tierra
Bentonita Sódica	2 Bolsas	50 Kg	Una bolsa para cada pozo a tierra
Salas químicas-THOR-GEL	4 Dosis	5 Kg	Dos dosis para cada pozo a tierra
Conductor de conexión (Cable) color amarillo	25m	6 AWG	conductor de PAT a barra de aterramiento
Sal industrial	70 Kg		PAT de equipos y pararrayo
Carbón vegetal	50 Kg		PAT de equipos y pararrayo
Caja de registro de concreto con tapa	2 cajas	40x40x30 cm	PAT de equipos y pararrayo
FICHA TECNICA DE MONTAJE: HERRAMIENTAS Y EQUIPOS EMPLEADOS EN PUESTA A TIERRA PARA EQUIPOS DEL SISTEMA VIA SATELITE DE LA ESTACION REMOTA DE LA X-DIRTEPOL - CUSCO.			
Nombre de las Herramientas y Equipos para el montaje	Cantidad	Característica	Descripción
Pico	1 Unidad	Zapapico	
Pala	1 Unidad	mango largo	
Barreta	1 Unidad	Largo de 2m	
Alicate Universal	1 Unidad	Corte y presión	
Pisón	1 Unidad	40 Kg de peso	Para compactar la tierra del pozo
Wincha métrica	1 Unidad	3m de longitud	
Nivel	1 Unidad	vertical, horizontal	
Plancha de albañil	1 Unidad		Se utilizara en los acabados de concreto
Taladro eléctrico con juego de brocas	1 Unidad		Las brocas para metal y concreto
Escalera	1 Unidad	3m	Para subir y bajar al pozo
Balde	1 Unidad	20 Lts.	preparado de thorgel y echar agua
Telurómetro analógico	1 Unidad	3 terminales	Para realizar las mediciones en la PAT
Extensor eléctrico	1 Unidad	3 tomas	Suministrar energía eléctrica al taladro
Barra de aterramiento	1 Unidad	Varias tomas	Tipo doble ojo

FICHA TECNICA DE MATERIALES EMPLEADOS EN UN KIT DE PARARRAYOS PARRA EQUIPOS DEL SISTEMA VIA SATELITE DE LA ESTACION REMOTA DE LA X-DIRTEPOL - CUSCO.			
Nombre del Material	Cantidad	Característica	Descripción
Captor (pararrayos Franklin)	1 Unidad	4 Puntas (tetrapuntal)	
Mástil de hierro galvanizado	1 Unidades	2.50m	
Reducción campana galvanizada	1 Unidades	1 1/4" a 1/2"	Viene enroscado al mástil de hierro galdo.
Torres de estructura metálica	4 Unidades	3m de longitud c/u	Con placa base de acero galvanizado
Cable de cobre forrado TW	25m	1/0 AWG	Cable de bajada del pararrayo al PAT
Juego de soportes y abrazaderas con aisladores	1 Juego	5 Unidades c/u	Para bajada del cable por la torre
Juego alambre trenzado	3 Juegos	12m c/u	Para vientos de la torre de pararrayos
Templadores y grapas de sujeción	3 U. c/u		para sujetar los vientos
Cruceta de hierro de Construcción con pernos de sujeción	1 Unidad		Unido a la placa base metálica de la torre
Cemento	2 bolsas	42 Kg c/u	Se utilizara para fijar la base de la torre
Arena gruesa (hormigón)	4 carretillas		Se utilizara para fijar la base de la torre
Piedra chancada	1 carretilla		Se utilizara para fijar la base de la torre
varilla de hierro de construcción	1 Unidad	1/2"	Para canastilla de hierro y anclajes
Alambre de construcción	1/2 Kg	Nº 16	Se utilizara en el encofrado
Cajón hueco de madera	1 Unidad	60x60x10 cm	Para encofrado de la base de concreto
FICHA TECNICA DE MONTAJE: HERRAMIENTAS Y EQUIPOS EMPLEADOS EN SISTEMA DE PARARRAYOS PARA EQUIPOS DEL SISTEMA VIA SATELITE DE LA ESTACION REMOTA DE LA X-DIRTEPOL - CUSCO.			
Nombre de las Herramientas y Equipos para el montaje	Cantidad	Característica	Descripción
Pico, pala, badilejo, carretilla y zaranda	1 U. c/u		Se utilizaran en la excavación y relleno
Alicates universal, corte y punta	1 U. c/u		Instalaciones
Llave francesa	1 Unidad		Ajuste de tuercas de fijación
Cuchilla pela cables	1 Unidad		Pelado de cables
Arco de sierra, martillo, nivel y plancha de albañil	1 U. c/u		Se utilizaran en los acabados de concreto
Juego de llaves de boca	1 Unidad		Ajuste de pernos
Taladro Profesional con juego de brocas	1 Unidad		Perforar concreto y bases metálicas
Soldadura eléctrica	1 Unidad		Para soldar la plancha de acero con pernos
Extensor eléctrico	1 Unidad		para suministro de energía eléctrica

4.9 PROTECCIONES CONTRA LOS EFECTOS DEL RAYO

4.9.1 Protecciones primarias

Son medidas para evitar la caída directa de un rayo sobre una estructura, un edificio, una línea aérea o una instalación externa. Su función es atraer el rayo y direccionar la corriente hacia la tierra pueden ser: conductores, pararrayos o cables de guarda. Todos estos dispositivos deberán estar debidamente puestos a tierra.

4.9.2 Protecciones Secundarias

Si bien las protecciones primarias evitan los daños destructivos de la caída directa de un rayo, no resuelven el problema del deterioro o destrucción de los equipos eléctricos y electrónicos debidos a las sobretensiones que este produce tanto en las redes de distribución eléctrica como en las redes de telefonía o comunicaciones. Para reducir estos efectos secundarios se usan los limitadores de sobretensión que van instalados al interior de los tableros eléctricos esquema de conexión.

4.9.3 Limitadores de sobretensión

Es un dispositivo de protección que contiene componentes no lineales (por ejemplo varistores) que en condiciones normales de operación de la red presenta una alta impedancia al paso de la corriente, pero al parecer entre sus bornes una sobretensión de tipo atmosférico se vuelve conductor, de esta manera dirige las ondas de corriente hacia tierra y limita a sobretensión a valores seguros para la instalación y los equipos.

4.9.4 Selección del limitador de sobretensión

|

Para la correcta elección de un limitador de sobretensión se deben tener en cuenta tres factores:

4.9.4.1 Características de las cargas a ser protegidas

El nivel de protección **Up** del limitador de sobretensión elegido deberá ser menor a la tensión de impulso máxima **U impulso** (kV) soportada por el material a proteger.

$$U_p < U_{\text{impulso}}$$

Cuadro 4.3 Valores de *U impulso* para cada tipo de equipo a ser protegido en redes trifásicas de 230/440V.

	Categoría I	Categoría II	Categoría III	Categoría IV
	Equipos Electrónicos	Equipos Domésticos	Equipos Industriales	Equipos Industriales
Tipo de carga	Televisor VHS, Equipo sonido computadora comunicaciones	Refrigerador lavadora horno	Motor, Transformador tablero eléctrico tomacorrientes	Equipos de medición
U Impulso	1.5 kV	2.5 kV	4 kV	6kV

Fuente: Schneider Electric

4.9.4.2 Características del Lugar

En caso que haya un pararrayos en el edificio o en un radio de 50m, instalar un limitador con una capacidad de flujo *I_{max}* de 65kV al ingreso de la instalación.

En caso que no haya pararrayos, para la protección al ingreso se deberá elegir limitadores con un *I_{max}* (kA) de acuerdo a las tablas:

Cuadro 4.4 Características de pararrayos instalados en un lugar residencial

Zona	Urbana			Rural		
<i>N_g</i> (*)	< = 0.5	0.5- 1.6	> = 1.6	< = 0.5	0.5- 1.6	> = 1.6
<i>I_{max}</i>	15	15	15	15	40	65

Fuente: Schneider Electric

Cuadro 4.5 Características de pararrayos instalados en lugar Terciaria/Industrial

Necesidad de continuidad de servicio	parcial			obligatoria		
	≤ 0.5	0.5-1.6	≥ 1.6	≤ 0.5	0.5-1.6	≥ 1.6
Ng (*)						
I _{max}	15	40	65	40	65	65

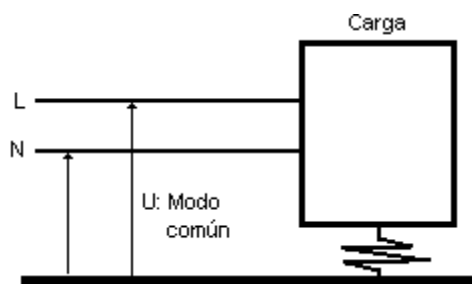
Fuente: Schneider Electric

(*) Ng: Densidad de rayos. Numero de rayos por año y por km² de la zona.

4.9.4.3 Esquema de conexión a tierra o sistema de distribución

Modo común: Entre fase y tierra o entre neutro y tierra.

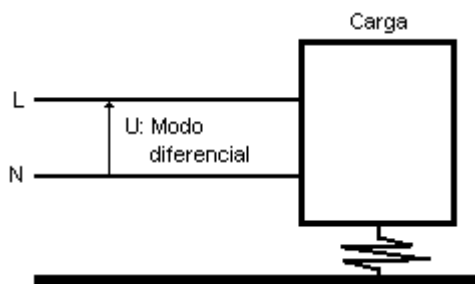
Figura 4.11 Protección Básica en MC.



Fuente: Scheneider Electric

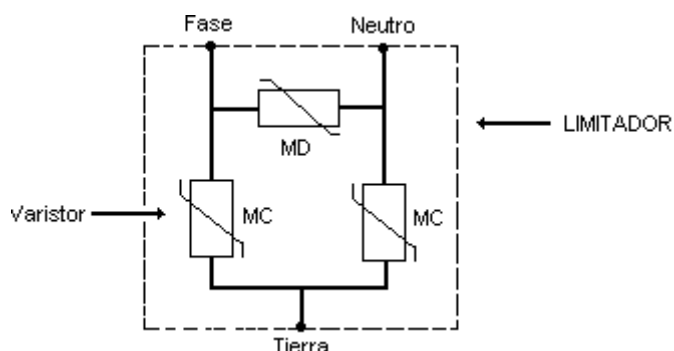
Modo diferencial: Entre fase y fase o entre fase y neutro.

Figura 4.12 Protección en sistema TT en dos polos MC



Fuente: Scheneider Electric

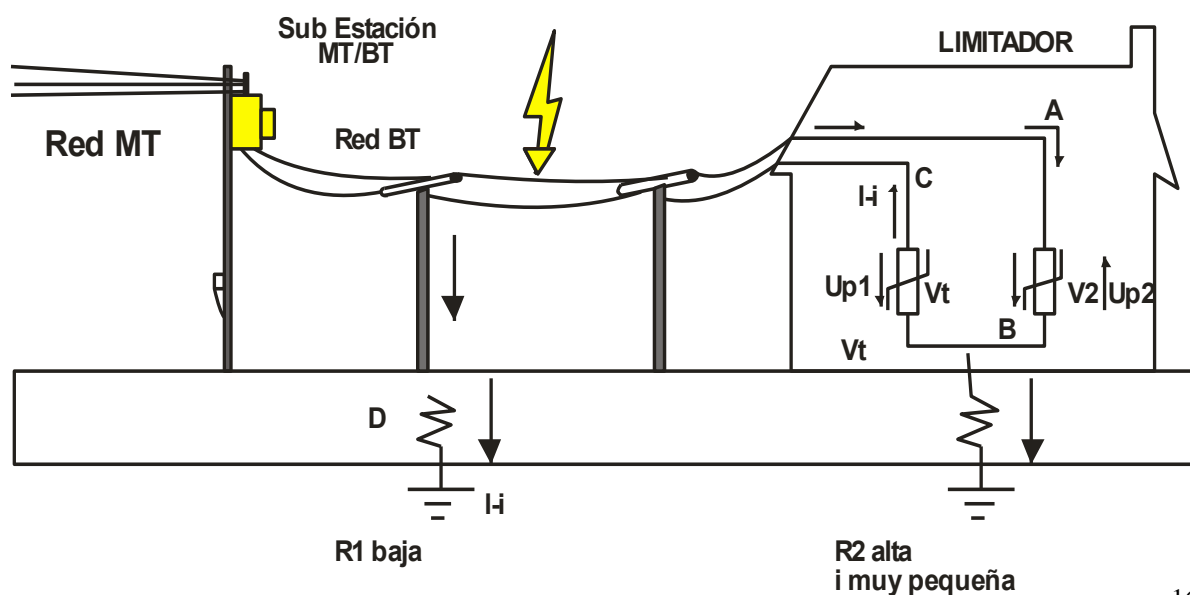
Figura 4.13 Simbología y esquema de un limitador de dos polos con varistores que incluye protección en MC y MD.



Fuente: Scheneider Electric

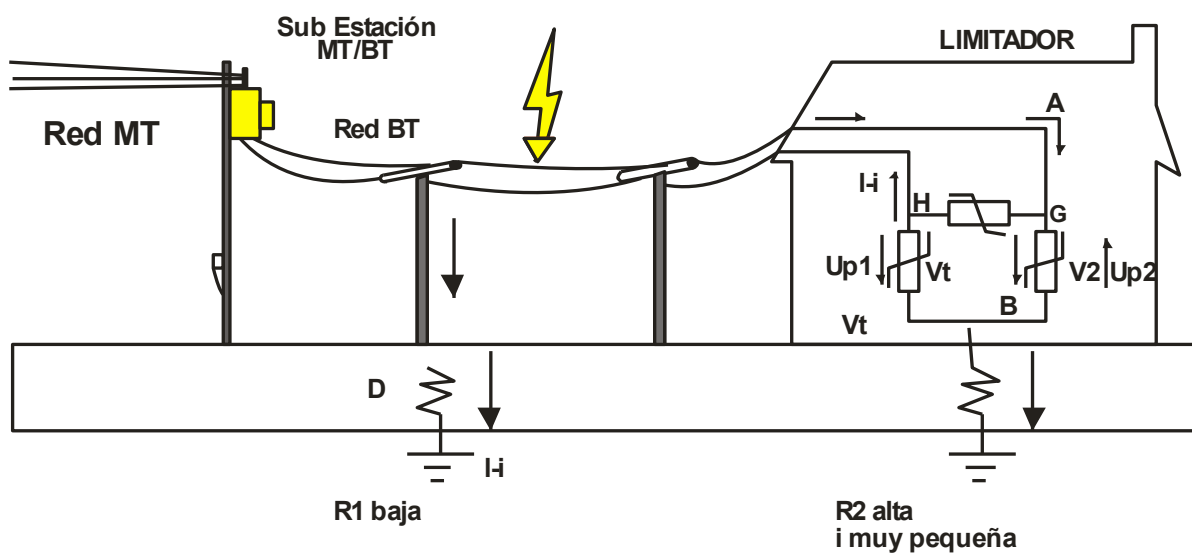
Generalmente, la resistencia R_1 de la puesta a tierra del neutro es mucho menor que la resistencia R_2 de la puesta a tierra de la utilización. Entonces, al producirse una sobretensión, la corriente de descarga buscará el camino más fácil (menos impedante) hacia la tierra, recorriendo el circuito ABCD. Los varistores V_1 y V_2 quedan en serie y se produce entre A y C (fase y neutro) un voltaje igual a dos veces el Nivel de Protección de cada limitador: $Up_1 + Up_2$. Este voltaje es peligroso para los equipos al interior de la instalación.

Figura 4.14 Instalación Limitador



Si el limitador tuviera un varistor V_3 protegiendo en modo diferencial, el recorrido de la corriente sería AHGCD y el voltaje producido entre A y C (fase y neutro) estaría limitado a U_{p3} .

Figura 4.15 Instalación Varistor en Modo diferencial



Fuente: SCHNEIDER

Este ejemplo muestra la importancia de la protección en modo diferencial (MD) para sistemas TT.

Elección de los limitadores para redes de comunicación

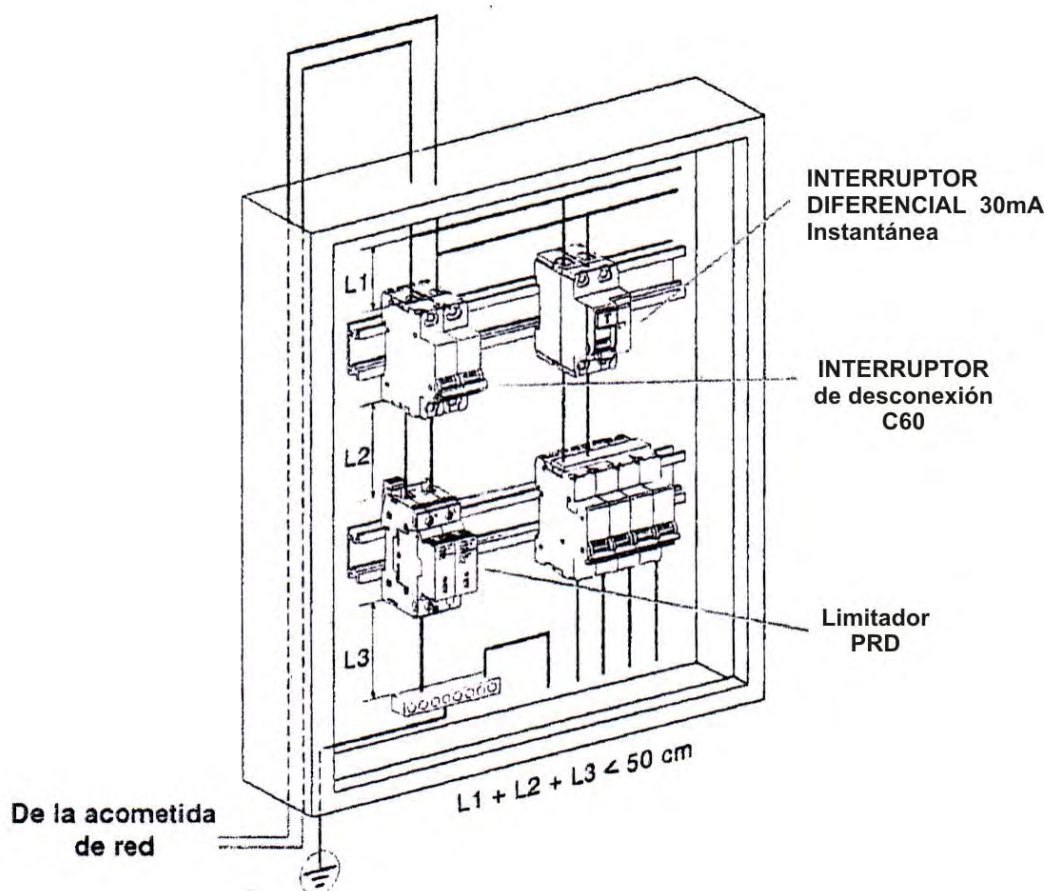
Para esta aplicación, Multi 9 de Merlin Gerin tiene los siguientes limitadores de sobretensiones:

- PRC (paralelo y serie): Para redes telefónicas analógicas
- PRI 12/48V: Para redes telefónicas digitales y automatismos
- PRI 6V: Para redes informáticas

Regla de cableado:

Las conexiones deben ser lo más cortas posible. No exceder los 50 cm.

Figura 4.16 Cableado dentro de un tablero de distribución en un sistema TT



Fuente: Scheneider Electric

4.10 PROTECCION CONTRA SOBRE CORRIENTES

La protección contra las sobrecorrientes se realiza empleando interruptores termomagnéticos y fusibles con capacidad para interrumpir un evento peligroso en un tiempo breve, antes de que se produzca daño a la instalación eléctrica.

Las condiciones de peligro que puedan presentarse se definen como sobrecarga y cortocircuito

4.10.1 Protección contra sobrecarga

La Sobrecarga es el fenómeno que se presenta cuando en una instalación la corriente demandada es superior a la capacidad de conducción nominal del cable y de los equipos por los que circula. Este fenómeno debe interrumpirse

en un tiempo relativamente breve, ya que si no se interrumpe se puede llegar al rápido deterioro o daño del aislamiento del cable.

La norma IEC 364 establece que los circuitos de una instalación deben estar provistos de un equipo de protección adecuado, para interrumpir la corriente de sobrecarga antes de que provoque un calentamiento excesivo que dañe el aislamiento del cable o el equipo conectado en el circuito.

Para asegurar la protección de acuerdo con la norma IEC 364 es necesario que se cumplan las siguientes reglas:

Regla 1) $I_B \leq I_n \leq I_z$

Regla 2) $I_f < 1.45I_z$

Donde:

I_B = Corriente demandada por la carga del circuito.

I_n = Corriente nominal del interruptor.

I_z = Capacidad de conducción de corriente del cable.

I_f = Corriente convencional de disparo del interruptor automático.

4.10.2 Protección contra cortocircuito

El Cortocircuito es el fenómeno que se presenta cuando dos o más fases (o neutro) se ponen accidentalmente en contacto entre sí. En este caso la corriente de circulación asume valores extremadamente altos y se debe interrumpir en un tiempo muy breve.

Las condiciones generales de la protección contra el cortocircuito son básicamente las siguientes:

- El interruptor debe estar instalado al inicio del conductor a proteger, con tolerancia de 3m del punto de origen

- El equipo no debe tener una corriente nominal menor a la corriente demandada por la carga
- El equipo de protección debe tener una capacidad interruptiva no inferior a la corriente estimada de cortocircuito en el punto donde el propio aparato este instalado
- El equipo debe disparar en caso de que un cortocircuito ocurra en cualquier punto de la línea protegida, con la rapidez necesaria para evitar que los materiales aislantes alcancen una temperatura que los dañe

La intensidad de la corriente estimada de cortocircuito, depende esencialmente de los siguientes factores:

- Potencia del transformador de fuerza, mientras mayor sea la potencia, mayor será la corriente.
- La longitud de la línea al punto de falla, mientras mayor sea la distancia menor será la corriente.

4.11 PROTECCION CONTRA FALLA A TIERRA

La protección contra falla a tierra se realiza empleando interruptores diferenciales los cuales tienen la función de interrumpir el circuito cuando una corriente de falla a tierra supera el rango de la corriente de operación diferencial del propio interruptor.

La protección contra falla a tierra garantiza un margen de seguridad óptimo en la prevención de incendios ya que unos cuantos miliamperes de corriente de fuga a tierra pueden provocar el disparo del interruptor diferencial.

El uso de interruptores diferenciales se debe realizar cuando la protección contra contactos directos e indirectos sea requerida.

4.11.1 Contacto Directo

El contacto indirecto es un contacto franco que se lleva a cabo cuando una persona inadvertidamente toca un elemento vivo de la instalación que normalmente no está energizado.

4.11.2 Contacto Indirecto

El contacto indirecto a su vez se lleva a cabo cuando una persona entra en contacto con un componente de la instalación eléctrica que normalmente no está energizado, pero que se energiza por una falla en el aislamiento. Los interruptores diferenciales tienen dos funciones extremadamente importantes, la protección de las personas y la protección contra incendios.

4.11.3 Características de los equipos de protección contra fallas a tierra

Según sea el tipo de instalación, es necesario escoger un interruptor diferencial con una característica de disparo adecuada y una corriente diferencial que garantice la protección contra los contactos directos e indirectos.

Tipo AC: Diferencial que garantiza la protección contra falla a tierra en presencia de corrientes de falla del tipo alterna aplicadas instantáneamente o que crecen lentamente. Por las características de protección de estos interruptores, se emplean mucho en las aplicaciones domésticas y similares.

Tipo A: Diferencial que garantiza la misma protección que los del tipo AC, pero además garantizan la protección contra corrientes de falla con corrientes pulsantes unidireccionales presentes en los circuitos que alimentan fuentes de poder conmutadas, que están presentes en los aparatos electrónicos.

Tipo S: Diferencial selectivo o retardado de tipo A o AC, con posibilidad de intervenir con un retardo intencional (fijo o ajustable) con respecto a un diferencial de tipo normal. Estos aparatos son muy empleados en las instalaciones donde se requiere la selectividad diferencial como en los interruptores generales.

Para nuestro sistema de protección nosotros utilizaremos un interruptor diferencial instantáneo del tipo selectivo (S) Multi 9 de 30mA de sensibilidad (incluye protección contra sobrecorrientes)

CONCLUSIONES

1. El estudio presentado, conforme a la formulación del problema para el mejoramiento de los sistemas de protección eléctrica, sí favorecerá al buen funcionamiento de los equipos de comunicación vía satélite, evitando las distorsiones en la transmisión y recepción de las señales ocasionadas por las diferencias de potencial que causen daños en los equipos.
2. En los sistemas de corriente débil en la que está considerada las comunicaciones, los fenómenos eléctricos naturales, los problemas de producción de energía y los problemas de una deficiente instalación en la distribución de energía eléctrica, causan problemas en los sistemas de bajo voltaje, por tanto partir del supuesto de que un sistema de puesta a tierra debe ser el más adecuado es un indicador positivo que confirma el presente trabajo.
3. Los problemas en el suministro de energía eléctrica (cortes intempestivos, sobretensiones, polución, etc) y los fenómenos atmosféricos (tormentas, rayos, humedad, temperatura, etc.) son las causas principales que afectan y dañan a los equipos de comunicaciones vía satélite de la Policía Nacional del Perú – Cusco, por tanto deben protegerse contra cualquier perturbación eléctrica que pudiese ocurrir.
4. La actual red de comunicaciones vía satélite de la PNP, si bien es cierto tiene deficiencias en su operatividad debido a múltiples factores (alarma constante en los equipos, pérdida de la señal en la transmisión y recepción, lentitud y eco en las comunicaciones, averías en los equipos, sobretensiones, sobrecorrientes, cortes intempestivos de energía eléctrica, etc.), con tales deficiencias cumple sus funciones de comunicar y enlazar con las principales ciudades del territorio nacional, por lo que es necesario optimizar su funcionamiento de acuerdo al avance de la tecnología actual, que satisfaga las necesidades de voz, datos y video de la institución, motivo por el cual actualmente se encuentra en ese proceso de mejorar y cambiar su tecnología “antigua” por una red 100% digital que le proporcione a la institución un ahorro de recursos que destina en redes contratadas (VPN, Telefonía fija y móvil y otros).

- 5.** La instalación de un nuevo sistema de protección eléctrica, contra sobretensiones, sobrecorrientes, fallas a tierra y otros serán direccionados a un eficiente pozo a tierra, la misma que garantizará una adecuada y permanente operatividad de los equipos del sistema vía satélite, trayendo mejoras sistemáticas dentro de los servicios de comunicaciones de la PNP, en el plano económico, administrativo y de gestión.

En el plano económico, traerá una reducción considerable del gasto por alquiler de líneas de comunicaciones a terceros, asimismo se ahorrará en el servicio de mantenimiento y/o sustitución de equipos (costosos), pudiendo destinar estos montos a otras mejoras del sistemas. En lo administrativo y de gestión, mejorará ostensiblemente, puesto que la información requerida llegará en el momento oportuno (ON LINE), la misma que contribuirá en la toma de decisiones más convenientes y acertadas por el personal policial.

- 6.** Considerando el trabajo y el análisis realizado en el presente estudio se puede afirmar que se ha cumplido con el objetivo general y los objetivos específicos el cual es realizar un estudio adecuado para mejorar el sistema de protección eléctrica de los equipos de comunicación vía satélite de la Policía Nacional del Perú-Cusco, con dispositivos de tecnología actual, conjugados con criterios administrativos y de gestión que involucran un proyecto técnico-económico.

RECOMENDACIONES

1. Por precaución y medidas de seguridad no se deben efectuar mediciones de puesta a tierra en condiciones atmosféricas desfavorables como tormentas, lluvias, niebla, granizo o nieve etc., es recomendable realizar en épocas apropiadas; en la sierra en estiaje y en la costa en verano.
2. Para protegerse de los rayos y las terribles consecuencias que deja a su paso, es recomendable evitar estar cerca al rayo y si esto es inevitable cuando uno se encuentra dentro de la ciudad es preferible ubicarse dentro de la casa y/o carro(preferiblemente grande) con puertas y ventanas bien cerradas, y en el interior no hacer uso de celulares, líneas telefónicas, eléctricas , cañerías y plomería en general; y si se encuentra en el campo es preferible ubicarse en lugares abiertos, lejos de los árboles altos y solitarios, así como postes, estructuras metálicas, antenas, cabinas de teléfonos, etc.
3. Se recomienda tomar como base, el presente estudio de protección eléctrica de la estación remota sede Cusco, para las demás estaciones remotas ubicadas en las diferentes ciudades del país, principalmente para las zonas de sierra y selva.
4. Se recomienda continuar con los estudios de investigación por parte de los estudiantes de Ing. Eléctrica y Electrónica, para la optimización del sistema de comunicaciones vía satélite de la Policía Nacional del Perú, en vista que hay muchos temas pendientes por desarrollar, tales como cambio de la tecnología FDMA a otra tecnología de la red más versátil y económico, o también un estudio adecuado para instalación de un grupo electrógeno de emergencia, con sistemas de transferencia automática, etc.
5. En el plano institucional, es necesaria una capacitación constante del personal técnico de la PNP, por lo que se deben implementar programas académicos específicos en la Escuela de Telemática de la PNP, orientados a la conservación, protección y mantenimiento de equipos y software que brinden una adecuada formación teórica y práctica.

BIBLIOGRAFÍA

1. APPLIED TELECOMMUNICATIONS, Inc. 1993 Hub Station Operations. Manual for the Peruvian Ministry of Interior of Lima-Perú. Book 1 y 2. Texas, USA.
2. CARDAMA, Ángel.. 2000 Antenas. Ed. Alfaomega, ediciones UPC.
3. CODAN. 1998 C-Band Transceiver 5700 series. Referente Manual. Codan part number 15-40141. Farnhm, United Kingdom.
4. CODAN 1996 C-Band Transceiver 5500 series. User Manual. Codan Part Nro. 15-40110. Issue 3, April 1996.
5. Guide. Publicación de GilatSatellite Networks Ltd. Documento N° DC-0555-30
6. VALDERRAMA MENDOZA, Santiago;. 2007 Pasos para elaborar proyectos y Tesis de Investigación Científica. Ed. San marcos. 1ra. Edición.
7. HERRERA PEREZ, Enrique. 1998 Introducción a las Telecomunicaciones Modernas. Ed. Limusa - Noriega Editores.
8. Pierce John R. y Noll A. Michael. 1995 Señales Ciencia de las Telecomunicaciones. Ed. Reverte S.A.
9. INTELSAT. 1993 QPSK/SCPC/FDMA. Recomendación SSOG 303. Publicación de Intelsat.
10. GONGORA OCAMPO, Manuel, 2003 Lima-Perú, Tesis: Proyecto de cambio de tecnología de la Red Nacional Vía Satélite de la PNP, empleando redes VSAT punto multipunto basadas en técnicas de comunicación TDMA/DAMA..
11. YANQUE MONTUFAR JUSTO, “Puestas a Tierra en Media y Baja Tensión”.
12. NUÑOZ RAMOS ALFREDO, “Calidad de la Red Eléctrica #5”, PROCOBRE
13. VALDERRAMA MENDOZA SANTIAGO, “Pasos para Elaborar Proyectos y Tesis de Investigación Científica”.
14. AVILA ACOSTA ROBERT, “Introducción a la Metodología de la Investigación”
15. TAFUR PORTILLA RAUL, “La Tesis Universitaria”.
16. ENRIQUEZ HARPER, “Instalaciones Eléctricas e Industriales”.
17. SCHENEIDER ELECTRIC PERÚ. 2006 “manual distribución en baja tensión”
18. Ticino “Guía para la selección de interruptores” G401 – edic. Peruano.
19. Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), Normas: IEC-60304, IEC-60898 y IEC-61024-1, Esquemas de conexión a tierra, función de interrupción de Interruptores Automáticos, ángulo protector y altura del pararrayo.
20. Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), Normas Std 142-1991 y 141-1993.
21. Instituto Nacional Americano de Normas (ANSI)

- 22.** Normas Internacionales
- 23.** Comisión Electrotécnica Internacional (IEC):
- 24.** Norma IEC 60364 Esquemas de conexión a tierra en baja tensión.
- 25.** Norma IEC 60898 Función de protección de interruptores automáticos.
- 26.** Norma IEC 60947 Función de interrupción de interruptores automáticos
- 27.** Norma IEC 61024 - 1 Altura y ángulo protector del pararrayo.
- 28.** Norma IEE Std 142 – 1991 Grounding of Industrial and Comercial Power Systems.
- 29.** Norma IEE Std 141- 1993 Electric Power Distribution for Industrial Plants.
- 30.** Normas Oficiales Mexicanas (NOM)
- 31.** National Electric Code ANSI/NFPA 70 – 1996
- 32.** National Fire Protection Association, Battery March Park, Quincy MA 12269
- 33.** Normas Técnicas Peruanas (NTP-1999) – INDECOPI
- 34.** Norma 370.052 Seguridad Eléctrica - Materiales de puesta a tierra.
- 35.** Norma 370.053 Seguridad Eléctrica - Elección de materiales eléctricos.
- 36.** Norma 370.054 Seguridad Eléctrica - Enchufes y tomacorrientes con protección a tierra.
- 37.** Norma 370.055 Seguridad Eléctrica - Sistema de puesta a tierra.
- 38.** Norma 370.056 Seguridad Eléctrica - Electrodo de cobre para puesta a tierra.
- 39.** Norma 370.303 Instalaciones eléctricas en edificios - Protección para garantizar la seguridad, protección contra choques eléctricos
- 40.** Código Nacional de Electricidad-2006 – Utilización. Sección 060 Puesta a tierra y enlace equipotencial.
- 41.** Código Nacional de Electricidad-2006 – Suministro Sección. Métodos de puesta a tierra para instalaciones de suministro eléctrico y de comunicaciones.

ANEXOS

ANEXO 01 :

CALCULOS ELECTRICOS PARA LA SALA DE EQUIPOS

1. Calculo del circuito de tomacorrientes.

Los tomacorrientes instalados son monofásicos con tomas a tierra dobles de características: 240V - 15A – 60 Hz. Se tiene instalado en este ambiente (aprox. Cada 6 m lineales – norma) tomacorrientes para uso general, se prevé una corriente de 1A para cada toma de tomacorriente con un factor de potencia unidad, lo que hace que por tomacorriente se tenga un consumo de 220 W (norma).

Según la norma, indica que la caída de tensión en el último tramo no debe de pasar 5%

- Calculo de la corriente:

Datos:

$$V = 220V$$

$$\text{Cos } \Phi = 1$$

$$L = 14.33 \text{ m}$$

$$\rho = 0.0175 \Omega\text{-mm}^2 / \text{m}$$

$$P = 1540W$$

$$I = \frac{1540}{220}$$

$$I = 7.00 \text{ A}$$

El resultado de esta corriente lo multiplicamos por 1.25 para hallar la corriente de diseño (norma)

$$I_d = 7.00 \times 1.25$$

$$I_d = 8.75 \text{ A}$$

A este valor de la corriente, utilizando las tablas le corresponde el conductor: TW de 2.5 mm².

- Calculo de caída de tensión

$$e = \frac{2 \times 8.75 \times 14.33 \times 0.0175}{2.5}$$

$$e = 1.6 \text{ V} \quad \equiv \quad 0.80\% \text{ (OK)}$$

Por consiguiente el conductor alimentador será de:

$2 \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ TW} + 1 \times 2.5 \text{ mm}^2$

2. Cálculo del circuito de alumbrado interior

Se utilizarán lámparas fluorescentes de 36W con reactores electrónicos para cada lámpara. Cada reactor electrónico consume una potencia de 4W. Modelo de la lámpara fluorescente es el T8.

Se considera $\cos \Phi = 0.9$

Datos:

$$V = 220\text{V}$$

$$\cos \Phi = 0.9$$

$$L = 12.10 \text{ m}$$

$$\rho = 0.0175 \Omega\text{-mm}^2 / \text{m}$$

$$P = 320 \text{ W}$$

- Calculo de la corriente:

$$I = \frac{320}{220 \times 0.9}$$

$$I = 1.62 \text{ A}$$

A este valor se multiplicara por 1.25

$$I_d = 1.62 \times 1.25$$

$$I_d = 2.02 \text{ A}$$

A este valor de la corriente utilizando las tablas le corresponde el conductor: TW de 2.5 mm².

- Cálculo de caída de tensión

$$e = \frac{2 \times 2.02 \times 12.10 \times 0.0175}{2.5}$$

$$e = 0.206V \cong 0.094 \% \text{ (OK)}$$

Por consiguiente el conductor alimentador será de:

$$2 \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ TW} + 1 \times 2.5 \text{ mm}^2$$

3. Cálculo del circuito de aire acondicionado

$$I = \frac{400 \text{ w}}{1 \times 220 \times 0.9} = \frac{400 \text{ w}}{198} = 2.02 \text{ A}$$

A este valor se multiplicará por 1.25

$$I_d = 2.02 \times 1.25 = 2.53 \text{ A}$$

Por consiguiente el conductor alimentador será de:

$$2 \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ TW} + 1 \times 2.5 \text{ mm}^2$$

4. Cálculo del circuito de alimentación a la sala de equipos

Para los cálculos de dimensionamiento del conductor de alimentación del tablero general al tablero de distribución del primer piso y del tablero de distribución al tablero de la sala de equipos, para el dimensionamiento del conductor, así como los parámetros de corrientes y caídas de tensión, corrientes total de alumbrado y tomacorriente:

$$I_T = I_{\text{Tomacor.}} + I_{\text{Aint}} + I_{\text{A.acond.}}$$

$$I_T = 8.75 + 2.02 + 2.52$$

$$I_T = 13.29 \text{ A}$$

A este valor de la corriente utilizando las tablas le corresponde el conductor: THW de 6 mm²

- Calculo de caída de tensión

$$e = \frac{1 \times 13.29 \times 18.21 \times 0.0175}{6}$$

$$e = 0.705 \text{ V} \equiv 0.32 \% \text{ (OK)}$$

Por consiguiente el conductor alimentador será de:

2X1 X 6 mm² THW + 1 X 6 mm²

5. Características de los dispositivos de protección a utilizar

Termo magnético:

Circuito de tomacorrientes para equipos	:	10 A
Circuito de alumbrado interior	:	3A
Circuito de aire acondicionado	:	3A
Circuito alimentador	:	20 A

Interruptor Diferencial:

I = 15 A

V = 220V

Sensibilidad = 30mA

Todos los dispositivos diferenciales de 30mA de sensibilidad son instantáneos.

Limitador de Sobre Tensión:

I_{max} = 65KA..... Para casos donde se ha instalado un pararrayo en lugar.

U_{impulso} = 1.5 Kv.....Para equipos electrónicos sensibles–comunicaciones.

Esquema de conexión a tierra:

Nosotros estamos utilizando el sistema TT, en este caso instalaremos un limitador de dos polos en modo común para proteger a los equipos.

Interruptor de desconexión:

Es de tipo C60.

Selectividad de un Interruptor Automático:

La falta de una adecuada selectividad puede provocar apertura simultánea de más de un elemento de protección situado aguas arriba de la falla, por lo que la selectividad es un concepto esencial que debe ser tomado en cuenta desde su concepción. La continuidad del servicio es una exigencia en una instalación moderna.

Selectividad con Dispositivos Diferenciales:

Las dos condiciones que deben cumplir simultáneamente para obtener selectividad entre dos dispositivos diferenciales:

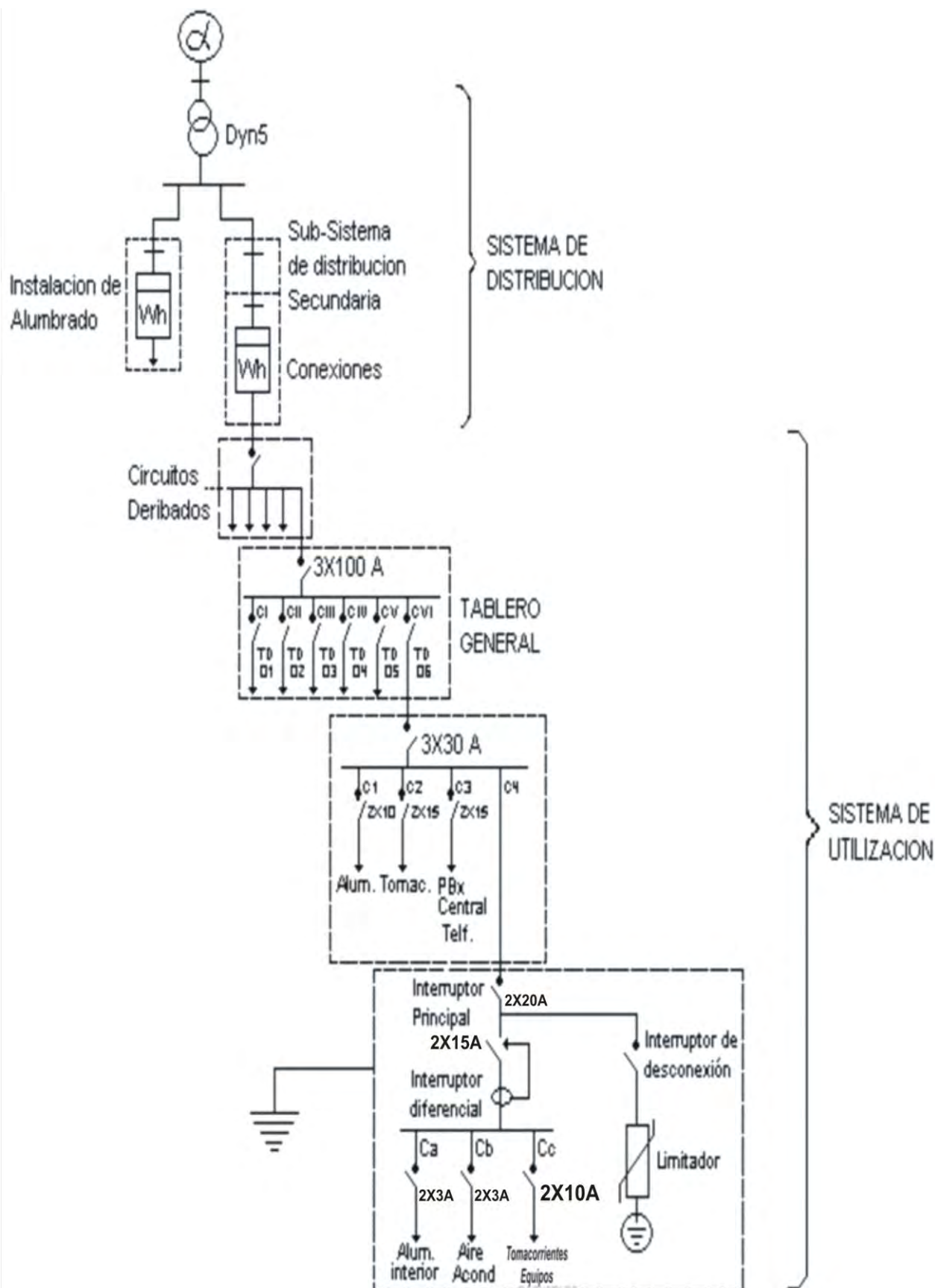
1. Amperimétrica

$$I\Delta_n \text{ (aguas arriba)} > 2$$

$$I\Delta_n \text{ (aguas abajo)}$$

2. Cronométrica: Tiempo de no respuesta.

Aguas arriba > tiempo total de apertura del aparato aguas abajo.



ANEXO 2.- TRAMO DE LA LÍNEA EN MEDIA TENSIÓN (10.5 KV) QUE SUMINISTRA ENERGÍA DESDE EL ALIMENTADOR DOLORESPATA HASTA LA SUB ESTACION DE DISTRIBUCION Nro. 0010176.

ANEXO 3.- TRAMO DE LA LINEA DE BAJA TENSION (220 V) QUE SUMINISTRA ENERGIA ELECTRICA DESDE LA SUB ESTACION DE DISTRIBUCION N° 0010176 HASTA EL LOCAL DE LA X – DIRTEPOL PNP – CUSCO.