

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD**



**DISEÑO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA OPGW A TRAVÉS DE
LAS ESTRUCTURAS DEL CABLE DE GUARDA DE LA LÍNEA
230KV PERTENECIENTE AL CONVENIO DE USO
COMPARTIDO PDVSA-CADAFE CORRESPONDIENTE AL
TRAMO GUANTA – GÜIRIA.**

**Realizado Por:
EDINSON JOSÉ MARTÍNEZ CONTRERAS**

**Trabajo de Grado Presentado ante la Universidad de Oriente como
Requisito parcial para optar al título de**

INGENIERO ELECTRICISTA

Barcelona, Julio del 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD



**DISEÑO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA OPGW A TRAVÉS DE
LAS ESTRUCTURAS DEL CABLE DE GUARDA DE LA LÍNEA
230KV PERTENECIENTE AL CONVENIO DE USO
COMPARTIDO PDVSA-CADAFE CORRESPONDIENTE AL
TRAMO GUANTA – GÜIRIA.**

ASESORES

Ing. Prof. José B, Peña
Asesor Académico

Ing. Franklin Pérez
Asesor Industrial

Barcelona, Julio del 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD



**DISEÑO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA OPGW A TRAVÉS DE
LAS ESTRUCTURAS DEL CABLE DE GUARDA DE LA LÍNEA
230KV PERTENECIENTE AL CONVENIO DE USO
COMPARTIDO PDVSA-CADAFE CORRESPONDIENTE AL
TRAMO GUANTA – GÜIRIA.**

JURADO

El Jurado hace constar que asignó a esta Tesis la calificación de:

Prof. José B, Peña
Asesor Académico

Prof. Eulogio Hernández
Jurado Principal

Prof. Enrique Serrano
Jurado Principal

Barcelona, Julio del 2009

RESOLUCIÓN

De acuerdo con el artículo 44 del reglamento de trabajo de grado:

“Los trabajos de grado son propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo de grado, ante todo a Dios, a todos los santos, en especial al Doctor José Gregorio Hernández, a la Virgen del Valle y a mi ángel de la guarda que nunca se separa de mi lado (mi hermano), los cuales me han acompañado a lo largo de toda mi vida, dándome fuerza y serenidad en aquellos momentos donde no encontraba solución. Gracias además por darme salud y concentración.

A mis dos madres, Carmen Bastardo y Zurith Contreras, mas que dedicárselos, esto le pertenece a ustedes, gracias a ambas por bríndame todo el cariño, confianza y ayuda ha formarme un futuro firme.

A mi padre Pedro Contreras, que dios me lo cuide y me le de mucha mas salud, gracias por estar aquí conmigo, cada una de tus palabras me hacen mas fuerte...

A mi Abuela Pastora, mi vieja te quiero mucho, gracias por su cariño y amor incondicional.

A mis hermanas menores Zurama y Zuredin, gracias a ustedes por existir y ser parte de mi vida, además de soportar mis gritos de “cariño”. Dios les ilumine y fortalezca cada día para que igual que yo también estén realizando lo antes posible sus trabajos de grado.

A mis tíos Zilahi, Zobeida, Zeuxis y primos Luisana, Zeuxito, Franklin José y Daniel Arturo, por estar siempre atentos en el desarrollo de mi formación académica, y darme apoyo en los momentos de distracción frente a la adversidad.

A mi madre de Pozuelos, Josefa, a mi hermano político Nelson y a todo esas personas que me abrió las puertas cuando más lo necesitaba, gracias por ser mi segunda familia, brindándome, fuerza y perseverancia para seguir con éxito mi carrera.

A ti mi negra linda, Rosybel González, por ser mi “*base de inspiración y apoyo*” desde los comienzo de la carrera, por estar conmigo apoyándome y aguantando mis locuras y sobre todo mis ataques de estrés, gracias por mantenerte allí, paciente a lo largo de toda la carrera... nuestra carrera...

A mis seres queridos que por distintos motivos no están aquí físicamente, pero espiritualmente siempre estarán y seguirán.

En fin a aquellas personas que hoy escapan a mi mente y aportaron su granito de arena para culminar esta importante etapa.

Edinson J. Martínez

AGRADECIMIENTO

A la empresa Petróleos de Venezuela, por brindarme el apoyo de realizar mi pasantía de grado en sus instalaciones, especialmente a la gerencia de AIT Servicios Comunes Sucre.

A mi excelente asesor industrial Franklin Pérez, por su confianza y valiosos tiempo empleado para ayudarme. Agradecido por brindarme todo ese conocimiento, centrarme en el mejor camino al éxito y demostrarme que por muy alta que sea una colina siempre hay un sendero hacia su cima.

A mi asesor académico José B. Peña, quien me sirvió de apoyo en la revisión de mi tesis y lograr concretarla con el mayor fundamento.

A los profesores: Santiago Escalante, Eulogio Hernández, Enrique Serrano y Luís Suárez, por los conocimientos impartidos a lo largo de mi formación académica en la Universidad de Oriente.

A los Ingenieros y compañeros de trabajo de AIT SC, por brindarme su apoyo y colaboración.

A mis compañeros y amigos.

Y a todas aquellas personas que de una y otra manera me ayudaron en la elaboración de este trabajo.

Muchas gracias a todos

Edinson J. Martínez

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es desarrollar una plataforma de comunicación que permita interconectar las principales sedes operativas del Estado Sucre a la red nacional de PDVSA, mediante enlaces de fibra óptica OPGW por medio del cable de guarda de la línea de 230Kv perteneciente al convenio de uso compartido entre PDVSA y CADAFE correspondiente al tramo Guanta – Güiria, con la finalidad de incrementar los servicios y la confiabilidad en la transmisión de información. Para lograr este objetivo se realizaron una serie de análisis en el sistema de comunicación y de los equipos instalados actualmente, así como la disponibilidad de espacio en las subestaciones vinculadas al convenio, aterramiento, pérdidas en la transmisión y cálculos de ancho de banda; necesarios para los servicios requeridos en este proyecto. La implementación de esta propuesta permitirá optimizar la comunicación en las sedes involucradas en este estudio y además servirá como ruta alterna para las gestiones del Complejo Gran Mariscal de Ayacucho (CIGMA) a ubicarse en la ciudad de Güiria.

ÍNDICE

	Pág.
RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN.....	viii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
CAPÍTULO I.....	20
RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA.....	20
1.1 Petróleos de Venezuela S.A.....	20
1.2 Antecedentes.....	20
1.3 Objetivos de la empresa.....	21
1.4 Estructura organizativa de la empresa	22
1.5 Ubicación geográfica.....	22
1.6 Gerencia de EyP Costa Afuera	24
1.6.1 Objetivos estratégicos.....	26
1.6.2 Objetivos específicos.....	27
1.7 Gerencia AIT.....	28
1.7.1 Objetivos estratégicos de AIT.....	29
1.7.2 Estructura organizativa AIT.....	30
1.8 Planteamiento del problema	31
1.8.1 Objetivo general.....	32
1.8.2 Objetivos específicos	33
1.9 Alcance del proyecto	33
1.10 Justificación.....	36

CAPÍTULO II	38
BASES TEÓRICAS	38
2.1 Fibra óptica	38
2.1.1 Composición de la fibra óptica	39
2.1.2 Diámetros típicos de la fibra	40
2.1.3 Proceso de transmisión de la luz en la fibra.....	41
2.1.4 Apertura numérica	43
2.1.5 Clasificación de la fibra óptica	44
2.1.6 Perdidas en la transmisión por fibra óptica.....	51
2.1.7 Características de las pérdidas ópticas en función de la longitud de onda.	56
2.1.8 Respuesta de la frecuencia de banda base.....	58
2.1.9 Factores que limitan el ancho de banda en la transmisión por fibra óptica.	61
2.1.10 Elementos de transmisión en la fibra óptica	64
2.2 Fuentes Ópticas.....	76
2.2.1 Estructura de los Dispositivos Emisores de Luz (Fuentes Ópticas).	77
2.2.2 Estructura de los Dispositivos Receptores de Luz.....	79
2.3 Conectores	82
2.4 Empalmes	83
2.4.1 El empalme por fusión.....	83
2.4.2 El empalme mecánico	83
2.5 Ventajas y desventajas de la fibra óptica.....	83
2.5.1 Ventajas de la Fibra óptica.....	83
2.5.2 Desventajas de la fibra óptica	85
2.6 SDH	87
2.6.1 Evolución del SDH	87
2.6.2 Sonet	88

2.6.3 Ventajas de SDH respecto de PDH.....	88
2.6.4 Estructura del frame de SDH	89
2.6.5 Multiplexación	92
2.6.6 Señales plesiócronas	93
2.6.7 Tipos de topologías de red	93
CAPÍTULO III.....	94
Descripción de bases, normas y criterios de los servicios de la red óptica.....	94
3.1 Descripción del sistema eléctrico en el Oriente del país, línea 230Kv.....	94
3.2 Descripción del sistema de telecomunicaciones de PDVSA en el Oriente del país.	96
3.3 Descripción del sistema de telecomunicaciones en el Estado Sucre - PDVSA.	98
3.4 Condiciones ambientales y geográficas.....	100
3.5 Lineamientos del Estado frente al convenio PDVSA – CADAFE.....	101
3.6 Objetivos del convenio PDVSA – CADAFE	102
3.7 Alcance de PDVSA Y CADAFE frente al convenio:	102
3.8 Normativas de los órganos frente al convenio:.....	103
3.8.1 Obligaciones de PDVSA:	103
3.8.2 Obligaciones de CADAFE.....	104
3.9 Aportes de los órganos	105
3.10 Aseguramiento del suministro eléctrico.	106
3.11 Visión de la demanda de energía eléctrica por parte de los proyectos Nororientales.	106
3.12 Normas y criterios aplicables	107
3.12.1 Normas Nacionales	107
3.12.2 Normas internacionales.....	107
CAPÍTULO IV.....	113

SISTEMA DE PUESTA TIERRA.....	113
4.1 Sistema de puesta a tierra para telecomunicaciones.....	116
4.2 Resistividad y tipo de terreno	117
4.3 Medida de resistividad del terreno.....	120
4.4 Cableado de puesta a tierra y conectores.....	123
4.4.1 Material.....	124
4.4.2 Camino efectivo.....	124
4.4.3 Tramo en línea recta.....	125
4.4.4 Radio mínimo de curvatura.....	126
4.4.5 Longitud.....	126
4.4.6 Daños físicos.....	126
4.4.7 Conexiones.....	126
4.4.8 Uniones de cables de tierra	127
4.4.9 Conexión a los electrodos.....	128
4.5 Varilla copperweld	129
4.6. Varilla chem-rod.....	129
4.7 Normativas de incorporación de los shelter de PDVSA al sistema de puesta tierra de las subestaciones de CADAPE.....	130
4.8 Aterramiento de las torres.....	131
4.8.1 Barra de aterramiento exterior	133
4.8.2 Aterramiento de los equipos de RF, antenas y líneas de transmisión	136
4.9 Aterramiento en interiores.....	138
4.9.1 Anillo de aterramiento	138
4.9.2 Barra de aterramiento interior	139
4.9.3 Aterramiento de los racks (conexión de la barra de tierra de los racks).....	140
4.9.4 Aterramiento de equipos (ubicados en racks).....	143
4.9.5 Aislamiento de fallas a tierra	144

CAPÍTULO V	145
DISEÑO DEL ENLACE	145
5.1 Medio y forma de la trayectoria.....	145
5.1.1 Ruta del tendido del cable de fibra óptica.....	146
5.1.2 Ruta de la fibra óptica en subestación.....	147
5.2 Cálculos del enlace	148
5.2.1 Perdidas del enlace.....	148
5.3 Ponderación máxima y mínima del nivel de transmisión y recepción requerido.....	154
5.4 Cálculo del ancho de banda y distribución de servicios.....	157
5.4.1 Sistema Integrado de Protección (SIP)	159
5.4.2 Sistema de Videoconferencia.....	166
5.4.3 Sistema de Voz y Datos	169
5.5 Especificaciones técnicas nodos ópticos	172
5.6 Estructura del sistema de telecomunicaciones futuro del Estado Sucre.....	178
5.7 Matriz de tráfico en sistema óptico OPGW entre diferentes sedes operativas vinculadas con el tendido de 230kv.....	178
5.8 Consolidado de requerimientos en nodos	183
5.9 Consolidado de requerimientos en nodos – cómputos métricos.....	185
CONCLUSIONES	188
RECOMENDACIONES	190
BIBLIOGRAFIA	192
GLOSARIO	196
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:.....	202

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1.1 Organigrama General de PDVSA	23
1.2 Área operacional EyP Costa Afuera [17].....	24
1.3 Estructura Organizativa EyP Costa Afuera.[17]	28
1.4 División Organizativa AIT. [17].....	30
1.5 Trazado general del Tendido CADAPE - 230Kv.[21].....	36
2.1 Sección transversal de un cable de fibra óptica [2].....	39
2.2. Fibra óptica multimodo de índice escalonado.[1]	45
2.3. Fibra óptica multimodo de índice gradual.[1].....	46
2.4. Corte transversal de Fibra Monomodo.[1].....	48
2.5. Corte transversal de Fibra Multimodo[1].....	49
2.6. Curva de atenuación de la Fibra de Vidrio[2].....	50
2.7. Curva de atenuación de la Fibra de Plástico[2].....	50
2.8. Pérdidas Ópticas.[2]	51
2.9. Diferentes Factores de la Pérdida Óptica[2]	52
2.10. Pérdida Óptica por Imperfecciones Estructurales[2].....	54
2.11 Pérdida por Flexión[2]	54
2.12 Pérdida por empalmes[2]	55
2.13: Pérdidas ópticas en función de la longitud de onda[1]	56
2.14 Dispersión por Longitud de Onda[1]	57
2.15 Fenómeno de Dispersión.[2]	59
2.16 Característica de la Respuesta de la Fibra de Banda Base[2]	59
2.17 Característica de la respuesta de la fibra de Banda Base de 6 dB de Ancho de Banda[2]	60
2.18 Características de la respuesta de frecuencia de Banda Base en la F.O.[2]	60
2.19 Dispersión por Modo[1].....	61

2.20	Dispersión del Material[1]	62
2.21	Dispersión de Guía[1]	63
2.22	Factores que restringen el ancho de banda[1]	64
2.23	Cable de fibra óptica en figura 8.[6]	65
2.24	Cable de fibra óptica con armadura[6].....	66
2.25	Cable de Tubo Holgado[6].....	73
2.26	Tubo holgado de cable de fibra óptica[2]	74
2.27	Cable de Estructura Ajustada[6]	75
2.28	Cable de Fibra Óptica Estructura Ajustada[6]	75
2.29	Principio de Operación del PIN-PD y Niveles de Energía[5].....	80
2.30	Principios de operación del APD y Niveles de Energía[5]	82
2.31	Estructura de la trama STM1 .[7].....	91
2.32	Multiplexación de N grupos de unidades administrativas AUG para formar una señal STM-N .[7].....	92
2.33	Fragmentos básicos de topología de red.[7].....	93
3.1.	Descripción del sistema eléctrico del Oriente del País.[21].....	95
3.2	Sistema de comunicación actual de PDVSA a través de enlaces microondas [23]	98
4.1:	Sistema de puesta a tierra para un centro de telecomunicaciones [8].....	117
4.2	Varilla Copperweld [13]	129
4.3	CHEM ROD colocado en la tierra [13].....	130
4.4	Acoplamiento de PDVSA al sistema de puesta a tierra [Fuente Propia]	131
4.5	Anillo de Aterramiento Externo[12]	132
4.6	Conexión de torres a la malla de subestación. [Fuente propia].....	132
4.7	Barra de aterramiento[8]	134
4.8	Puntos de conexione de aterramiento para las líneas de transmisión.[12]	136
4.9	Conector de doble ojo para barra de tierra[12]	137
4.10	Anillo de Aterramiento Interno.[12]	139
4.11	Barra de aterramiento (MGB) interna.[8]	140

4.12 Anillo de Tierra para los equipos.[12]	141
4.13 Anillo de Tierra para los equipos en shelter PDVSA. [Fuente Propia]	141
4.14 Bus de Tierra para el anillo.[12]	142
5.1 Ruta del tendido eléctrico de 230Kv[21].	147
5.2 Trayectoria del enlace de fibra óptica en subestación [Fuente Propia].....	148
5.3 Identificación del Cable de Guarda de la línea 230Kv. [Fuente Propia]	150
5.4 Cantidad mínima de conectores requeridos en cada subestación [fuente propia].	150
5.5 Nivel de sensibilidad requerido de los equipo ADM en los diferentes tramos. [Fuente Propia].....	156
5.6 Formatos de video [4]	161
5.7 Equipo terminal H.323 [25]	169
5.8 Esquema de telecomunicación PDVSA en el Estado Sucre, Visión Futura [21]	178
5.9 Conexiones entre los nodos a STM-64's [Fuente propia].....	179
5.10 Agregado en nodos de STM-1's [Fuente propia].....	180
5.11 Agregado en nodos de VC-12 [Fuente propia]	181
5.12 Puertos en los nodos a 1Gbps Ethernet [Fuente propia]	182
5.13 Puertos 100 BASET en Nodos. [Fuente propia]	183
A.1 Prototipo de Shelter	¡Error! Marcador no definido.
A.2 Shelter ZTE Ubicación Casanay	¡Error! Marcador no definido.
A.3 Espaciado apropiado para cuartos de comunicación;	¡Error! Marcador no definido.
A.4 Conexión a la malla de tierra de la subestación ..	¡Error! Marcador no definido.
A.5 Propuesta de la ubicación del Shelter PDVSA en S/E GUANTA II;	¡Error! Marcador no definido.
A.6 Propuesta de la ubicación del Shelter PDVSA en S/E Cumaná II;	¡Error! Marcador no definido.
A.7 Propuesta de la ubicación del Shelter PDVSA en S/E Casanay;	¡Error! Marcador no definido.
A.8 Visita a subestación Casanay para acuerdo de localización;	¡Error! Marcador no definido.
A.9 Tanquilla de distribución de la fibra óptica.....	¡Error! Marcador no definido.
A.10 Disposición en Plano de Subestación Cumana II;	¡Error! Marcador no definido.

- A.11 Disposición en Plano de Subestación Sucre..... **¡Error! Marcador no definido.**
- A.12 Plataforma Futura de Telefonía IP. **¡Error! Marcador no definido.**
- A.13 Especificaciones detalla de la fibra óptica OPGW **¡Error! Marcador no definido.**

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 Clasificación de la Fibra Óptica.[1]	44
Tabla 2.2 Clasificación por índice de refracción.[1].....	47
Tabla 2.3 Clasificación de la F.O. según Material[2]	51
Tabla 2.4 Causas de las pérdidas ópticas[1].....	56
Tabla 2.5 Tipo de cable[6]	68
Tabla 2.6 Características de los Dispositivos Emisores de Luz[5]	79
Tabla 2.7 Ventajas de SDH respecto de PDH.[7]	89
Tabla 3.1 Condiciones ambientales.[23].....	100
Tabla 3.2 Características del sistema eléctrico a suministrar [21]	106
Tabla 4.1 Valores típicos de resistividad de algunos terrenos[13]	119
Tabla 4.2 Capacidad de los conductores según la American Wire Gauge (AWG) .	125
Tabla 5.1 Distancias entre Subestaciones[21].....	146
Tabla 5.2 Especificaciones de la F.O Tramo I[26].....	151
Tabla 5.3 Pérdidas presente en el Tramo I [Fuente Propia].....	152
Tabla 5.4 Especificaciones de la F.O Tramo II [26].....	152
Tabla 5.5 Pérdidas presente en el Tramo II [Fuente Propia].....	153
Tabla 5.6 Especificaciones de la F.O Tramo III [Fuente Propia]	153
Tabla 5.7 Pérdidas presente en el Tramo II [Fuente Propia].....	154
Tabla 5.8 Nivel de potencia y pérdida permisible del equipo ADM [Fuente Propia].....	155
Tabla 5.9 Servicios a cursar por el tendido OPGW [23].....	158
Tabla 5.10 Consolidado de ancho de banda requerido para el SIP [Fuente propia].....	165
Tabla 5.11 Relación entre interactividad Vs. producción en los medios de comunicación laboral. [24]	167

Tabla 5.12 Ancho de Banda según características de compresión. [Fuente Propia].....	168
Tabla 5.13 Plataforma actual de telefonía en el Estado Sucre.[23]	171
Tabla 5.14 Fuerza laboral y planificación de ingresos para el período 2007 – 2013 [23]	171
Tabla 5.15 Matriz de Puertos STM-64's. [Fuente Propia].....	179
Tabla 5.16 Matriz agregados STM-1's [Fuente propia].....	180
Tabla 5.17 Matriz agregados VC-12's [Fuente propia]	181
Tabla 5.18 Matriz Puertos 1Gbps Ethernet [Fuente propia]	182
Tabla 5.19 Matriz Puertos 100Mbps [Fuente propia]	183
Tabla 5.20 Matriz de Tráfico Consolidado (tarjetas requeridas) [Fuente propia]....	184

CAPÍTULO I

RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA

1.1 Petróleos de Venezuela S.A.

Es la empresa energética, propiedad de la República Bolivariana de Venezuela, que se encarga del desarrollo de la industria petrolera, petroquímica y carbonífera. Su misión específica es la de sustentar y apoyar el desarrollo económico y social del país utilizando al máximo todos los recursos de hidrocarburos. Esto implica tener responsabilidad de prever y mejorar los requerimientos de hidrocarburos que necesita el país, tanto para el consumo interno como para satisfacer las necesidades de exploración, cumplir con los requerimientos sociales, comunitarios y conservacionistas, contribuir a fomentar la eficiencia y profesionalismo de la industria, asegurar la disponibilidad, desarrollo y óptimo utilización de los recursos requeridos.

1.2 Antecedentes

El 14 de diciembre de 1922 comenzaron las actividades petroleras en Venezuela, a partir de ese momento este mineral es descubierto en el norte del Estado Anzoátegui y en el área del Lago de Maracaibo. En el año de 1923 en el Estado de Delaware (USA), se forma la Venezuela Oil Company S.A. para desarrollar actividades petroleras en el país bajo la denominación Gulf Oil Company.

Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA), fue creada en 1976 a través de la Nacionalización del Petróleo y desde entonces se ha convertido en una de las corporaciones energéticas más importantes del mundo.

A mediados de la década de los setenta se realiza la búsqueda de crudos pesados y extra pesados en la faja petrolífera del Orinoco. En el año 1982 se da inicio a la construcción del Criogénico de Oriente, que comienza sus actividades en 1985.

Para el año de 1998 se realizó un proceso de transformación en la industria petrolera con el fin de reducir costos y conformar así una sola empresa denominada PDVSA Petróleo y Gas, que cuenta con dos divisiones operacionales: PDVSA Exploración, Producción y Mejoramiento, que se encarga de explorar, explotar y producir crudo y gas. PDVSA Manufactura y Mercadeo, encargada del negocio de refinación y venta al mercado interno y/o externo. Ambas divisiones son apoyadas por la división PDVSA Servicios que le da soporte a las actividades medulares del negocio.

1.3 Objetivos de la empresa

El objetivo principal de PDVSA, radica en la integración de actividades de exploración, producción, refinación, y comercialización nacional e internacional de crudo, gas natural y productos derivados del proceso de refinación de los hidrocarburos. Luego de dos décadas de actividades, PDVSA se ha constituido en una Corporación de primera línea en el ámbito nacional e internacional, ocupa una posición relevante entre las empresas del mundo por sus niveles de producción, reservas, capacidad instalada de refinación y ventas.

Estratégicamente PDVSA Explotación, Producción y Mejoramiento se encuentra dividida en tres grandes regiones extendidas a lo largo de la geografía nacional (Occidente, Oriente y Sur) y cada región esta dividida en distritos, los cuales tienen bajo su responsabilidad la explotación de los diferentes campos a través de las Unidades de Explotación.

1.4 Estructura organizativa de la empresa

La Industria Petrolera Nacional está constituida por tres grandes divisiones, dedicadas a las actividades medulares del negocio, que están coordinadas y dirigidas por una Junta Directiva y una Vicepresidencia; seguida por Vicepresidencias Corporativas que dirigen las unidades de negocios.

Las Unidades de Negocios son: Exploración y Producción, Manufactura y Mercadeo y Servicios. En la figura 1.1 se muestra el organigrama general de la empresa PDVSA.

1.5 Ubicación geográfica

La empresa PDVSA, tiene su sede principal en la ciudad de Caracas y está presente en todos los estados petroleros a lo largo de la geografía nacional como lo son Falcón, Zulia, Lara, Barinas, Apure, Guárico, Anzoátegui, Monagas y Sucre.

PDVSA tiene dividida sus zonas de trabajo en distritos operacionales que están liderizados por una Gerencia Distrital, estructurados organizativamente en unidades básicas de producción y procesos.

EyP Costa Afuera presente en el Distrito Social Sucre Este, es el área de estudio del presente trabajo de grado, y es una de las áreas operativas más recientes en esta parte del oriente del país. Se encuentra situada en el Estado Sucre, en su capital Cumaná, a 86Km de Puerto La Cruz – Edo Anzoátegui.

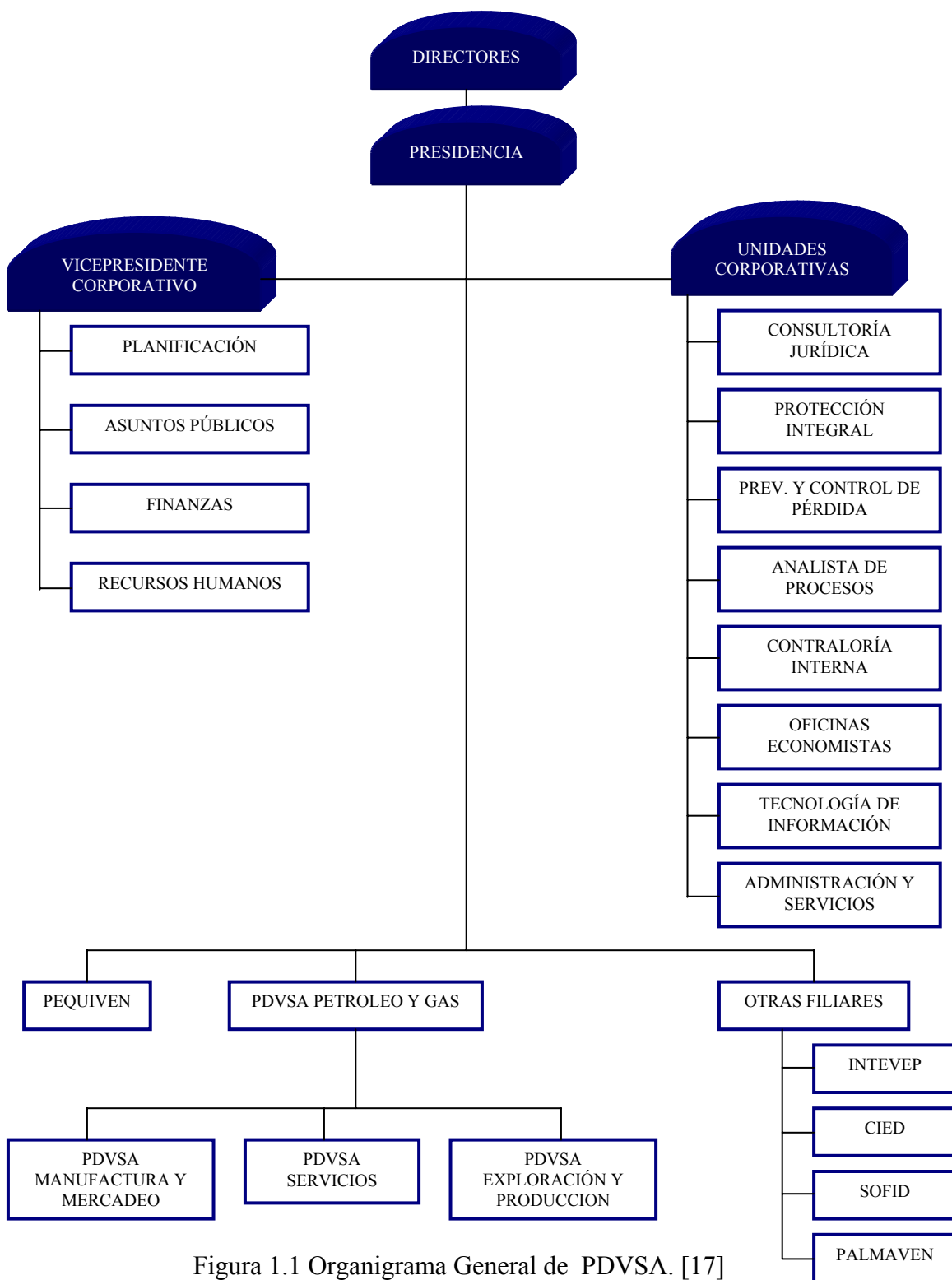


Figura 1.1 Organigrama General de PDVSA. [17]

1.6 Gerencia de EyP Costa Afuera

La Gerencia de de EyP Costa Afuera de PDVSA cuenta con un equipo comprometido con la valorización de los recursos hidrocarburíferas y su uso racional, con el fin de promover el desarrollo sustentable y el mejoramiento de la calidad de vida del venezolano.

Sus operaciones de exploración y producción se encuentran desplegadas en todo el territorio nacional, tanto en tierra como en territorio lacustre (Lago de Maracaibo) y Costa Afuera, con un sentido nacionalista y en línea con las políticas de soberanía petrolera. La presencia del negocio se distribuye en cuatro divisiones: Occidente, Oriente, Centro Sur y Costa Afuera; las cuales a su vez están conformadas por 9 Distritos Sociales: 4 en Occidente; 3 en Oriente; y 2 en Centro Sur.

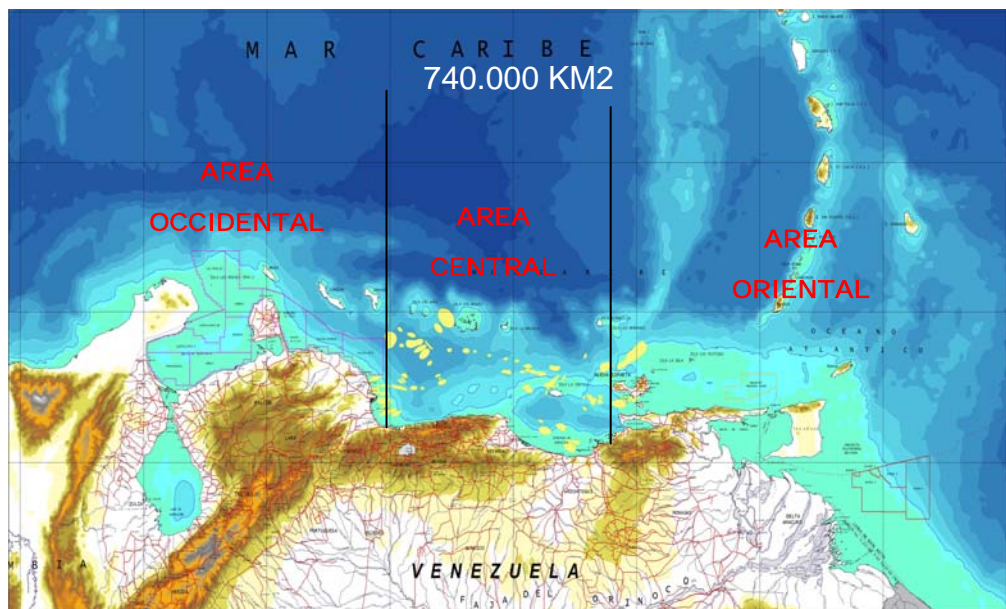


Figura 1.2 Área operacional EyP Costa Afuera [17]

Las dimensiones de este negocio lo posicionan como la actividad medular de nuestra Corporación, siendo responsable de los primeros eslabones de la cadena de valor del negocio petrolero en aquellas áreas asignadas por parte del Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo.

La exploración de hidrocarburos de PDVSA se orienta hacia la búsqueda de yacimientos con grandes volúmenes de reservas hidrocarburíferas, cuyo descubrimiento hará más rentable, desde el punto de vista económico, a otros de menor cantidad en cuanto a reservas. En Venezuela se estima que hay cuantiosos volúmenes de recursos de crudo y gas por descubrir, y un 75% del área petrolera cuenta con información escasa o prácticamente virgen respecto al conocimiento geológico que se tiene de ella.

La producción de hidrocarburos de PDVSA se concentra en la explotación racional de las reservas de petróleo y gas natural de los yacimientos, cumpliendo con las leyes, estándares ambientales, normas de seguridad y fortalecimiento de la soberanía tecnológica.

Asimismo, EyP orienta sus esfuerzos para ser el eje fundamental que motoriza el desarrollo social y económico del país, valorando la explotación de los recursos de hidrocarburos con una visión de desarrollo sustentable y articulando los planes operacionales con los sectores productivos y sociales para asegurar el éxito del proyecto país. De esta manera, los 9 Distritos Sociales están apoyando las misiones sociales e impulsando el crecimiento de Núcleos de Desarrollo Endógeno, lo que ha permitido generar empleos directos e indirectos y crear Empresas de Producción Social (EPS). Por consiguiente, se están abriendo oportunidades y consolidando iniciativas de participación social en el sector de hidrocarburos, lo que potencia el nuevo modelo económico de equilibrio entre Estado, sector privado y economía popular.

Cabe destacar la importancia que EyP tiene en el contexto general de la Corporación, pues cuenta con un presupuesto de inversión y de operación, que representan el 48% y el 56% del presupuesto de PDVSA, respectivamente. Aunado a esto, la fuerza laboral constituye un 51% de la fuerza laboral de PDVSA.

Sus líderes tienen el rol de dirigir y conducir la definición de estrategias y la elaboración de planes, así como la ejecución y rendición de cuentas de las actividades de exploración y producción bajo la responsabilidad de PDVSA; conformando un equipo humano altamente motivado, innovador, profesional y comprometido con la responsabilidad de gerenciar la industria petrolera nacional alineados a las políticas de la Revolución Bolivariana.

Sus trabajadores conforman la fuerza creadora que impulsa el manejo eficiente de las actividades de búsqueda y explotación de hidrocarburos, lo cual se traduce en un aumento de la productividad y en el cumplimiento de altos estándares de calidad, cubriendo cada uno de los parámetros de desempeño técnico – operacional - gerencial y además, vinculándose directamente con el pueblo venezolano en las áreas social y productiva.

1.6.1 Objetivos estratégicos.

- Contribuir con la construcción del nuevo modelo productivo, rumbo a la creación del nuevo sistema económico socialista.

- Utilizar el gas para desarrollar la nueva estructura territorial, impulsando los nuevos desarrollos endógenos

- Contribuir a consolidar la nueva estructura social del país
- Propiciar la integración latinoamericana y del caribe
- Maximizar y valorizar los recursos hidrocarburíferas costa afuera.

1.6.2 Objetivos específicos.

- Explorar y explotar la producción de hidrocarburos en costa afuera.
- Proporcionar el gas del pueblo para mejorar su calidad de vida e impulsar su crecimiento.
- Utilizar el gas como energía básica para el desarrollo endógeno.
- Garantizar el abastecimiento de gas al Mercado Interno, en especial a los sectores: Eléctrico, Petroquímico, Siderúrgico y Petrolero.
- Promover la cultura del Gas en el País.
- A mediano plazo llevar el Gas a América Latina, a El Caribe y la Cuenca Atlántica.

En la siguiente figura se muestra la estructura organizativa de EyP Costa Afuera

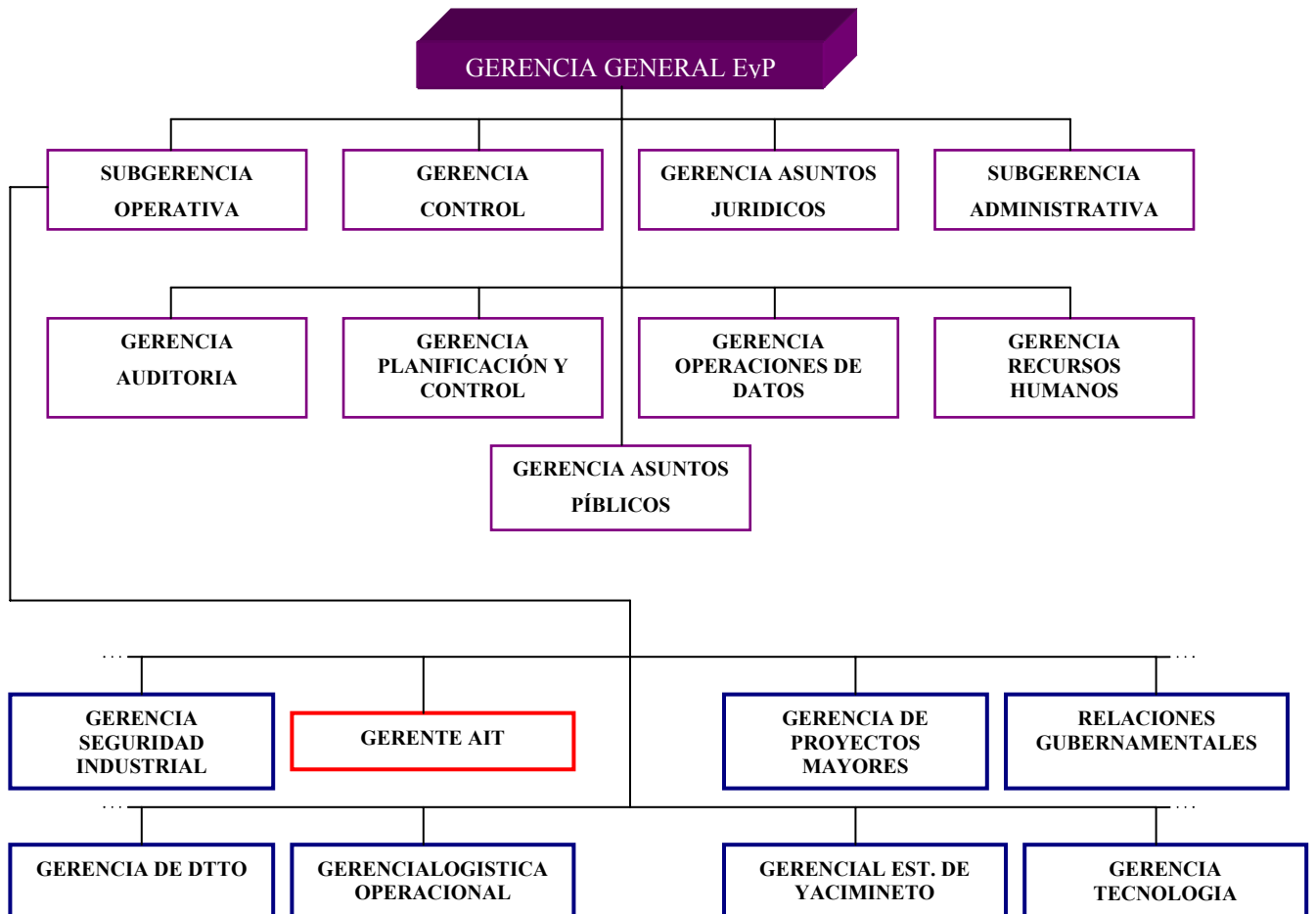


Figura 1.3 Estructura Organizativa EyP Costa Afuera.[17]

1.7 Gerencia AIT.

Esta gerencia es la que rige, provee y mantiene los servicios y soluciones integrales de tecnologías de automatización, información y telecomunicaciones de la Corporación; contribuyen a mantener la continuidad operativa y ejecución de planes; innovando y actuando como agentes de transformación en PDVSA y en la sociedad venezolana con corresponsabilidad social, económica y ambiental; potenciando un

ecosistema tecnológico que impulsa los poderes creadores del pueblo, el conocimiento libre, el desarrollo endógeno sustentable y la economía social productiva para lograr la soberanía tecnológica; alineados con la CRBV y en coordinación con nuestros organismos rectores.

1.7.1 Objetivos estratégicos de AIT.

- a) Construir la Infraestructura segura y en tiempo real**, requerida para el logro de los retos del Plan Siembra Petrolera y la rendición de cuentas transparente al pueblo venezolano.
- b) Optimizar los esquemas de mantenimiento y prestación de servicios AIT** para asegurar la continuidad de las operaciones de la Corporación a escala mundial en condiciones normales y de contingencia.
- c) Proveer soluciones tecnológicas** para habilitar el acercamiento del estado al ciudadano mediante una red coordinada de instituciones.
- d) Consolidar el Ecosistema Tecnológico** que provee productos y servicios a la Corporación, profundizando el desarrollo endógeno, el conocimiento libre y la economía social, orientados al logro de la Plena Soberanía Tecnológica.
- e) Implantar el Distrito Social Tecnológico AIT** para la generación de tecnologías AIT dirigidas a la industria petrolera y el sector energético.
- f) Concretar la Transformación Organizacional de AIT** a fin de ser proactivos, eficientes, efectivos e innovadores en la incorporación de tecnologías AIT y la provisión de las soluciones y servicios que nos sean demandados.

- g) Fortalecer la relación con los órganos rectores** en materia de tecnología de AIT para asegurar la alineación e integración con el Estado.
- h) Convertir la Organización de AIT** en un nuevo modelo basado en los valores del nuevo ciudadano para impulsar el desarrollo de la Corporación y el país y una nueva relación entre el Estado y la sociedad.
- i) Adoptar la seguridad y protección del ambiente** como conducta cotidiana de trabajo para garantizar los derechos ambientales de la población.

1.7.2 Estructura organizativa AIT

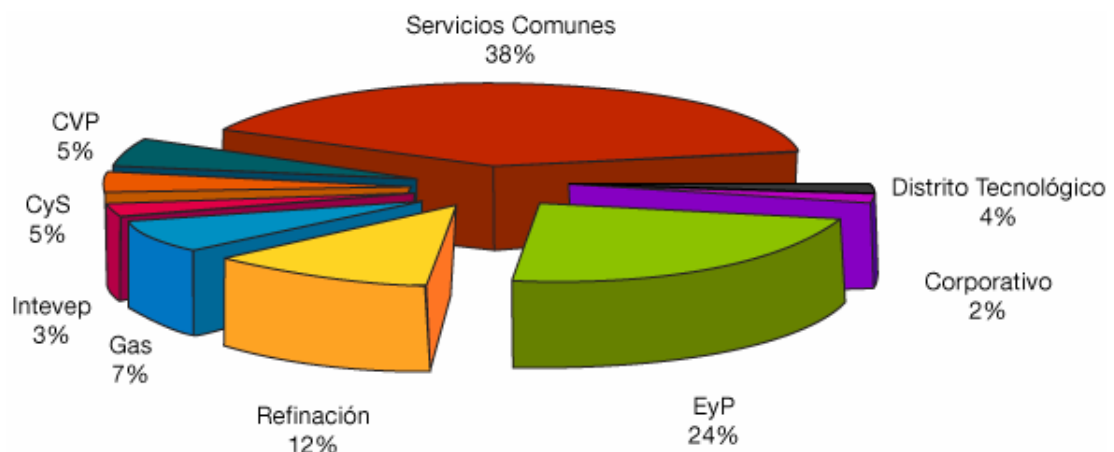


Figura 1.4 División Organizativa AIT. [17]

Fuente: estudiada para finales del 2007 a Nivel Nacional.

1.8 Planteamiento del problema

La empresa **Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA)** fue creada el 30 de agosto de 1975. Desde su creación, PDVSA se ha convertido en una de las corporaciones energéticas más importantes del mundo, se encarga del desarrollo de la industria petrolera, petroquímica y carbonífera, además de planificar, coordinar, supervisar y controlar las actividades operativas de sus divisiones, tanto en Venezuela como en el exterior.

PDVSA lleva a cabo actividades en materia de exploración, producción, manufactura, transporte y mercadeo de los hidrocarburos, de manera eficiente, rentable, segura, transparente y comprometida con la protección ambiental; con el fin último de motorizar el desarrollo armónico del país y afianzar el uso soberano de los recursos.

Para lograr esto, la empresa ha comenzado la exploración de campos gasíferos en el golfo de paria; costas del Estado Sucre y pueblos del referido estado, por medio de proyectos de gran alcance como lo son el Complejo Industrial Gran Mariscal de Ayacucho (CIGMA) a ser ejecutado en la ciudad de Güiría.

Este complejo abarca considerablemente gran parte del territorio sucrense, por consiguiente la necesidad de un buen abastecimiento eléctrico y de una comunicación confiable forma parte del principal interés para que los proyectos se lleven a cabo con la mayor normalidad.

Cabe mencionar que esta empresa por su reciente llegada al estado sucre no cuenta con una red de comunicación propia y fiable para cubrir los numerosos proyectos que se han venido desarrollando en esta parte del territorio, sin contar que la red utilizada por medio de enlaces de microondas esta obsoleta.

En tal sentido, en el presente trabajo se desarrolla un diseño de una red de fibra óptica OPGW por medio del cable de guarda de la línea 230Kv perteneciente al convenio de uso compartido entre PDVSA y CADAPE, correspondiente al tramo Guanta – Güiria tomando en consideración los requerimientos técnicos de comunicación en cuanto a envío datos, video, voz, servicios de control y protecciones para cada uno de los nodos situados en las subestaciones que forman parte del tendido; suministrando a la vez los servicios necesarios en aquellas localidades donde PDVSA tiene sus sedes administrativas y operativas como es el caso de Cumaná, Carúpano y Güiria.

Así mismo CADAPE, como empresa nacionalizada y principal proveedor de energía eléctrica del estado, manifiesta su necesidad de penetración de los servicios y la ampliación de cobertura hacia áreas desatendidas del Estado Sucre.

Estos tendidos conllevaran a su vez proyectos futuros de aprovechamiento de la plataforma para extender los servicios de telefonía y comunicaciones de empresas tales como CANTV hacia zonas sucrenses que estuvieron tecnológicamente marginadas durante años antes de la nacionalización de este principal proveedor de telecomunicaciones del país.

1.8.1 Objetivo general

Diseñar la red de fibra óptica OPGW a través de las estructuras del cable de guarda de la línea 230kv perteneciente al Convenio de uso Compartido PDVSA-CADAPE correspondiente al tramo Guanta – Güiria.

1.8.2 Objetivos específicos

1. Describir la arquitectura y tecnología de la red actual de fibra existente en PDVSA - ORIENTE.
2. Establecer las bases, normas y criterios de los servicios para el diseño de la red óptica compartida entre PDVSA – CADAFE.
3. Especificar los sistemas asociados a los nodos en cuanto a infraestructura, aterramiento y disponibilidad de espacio en las subestaciones involucradas.
4. Elaborar los cálculos de estimación de potencia óptica y ancho de banda que cubrirán los requerimientos de PDVSA a ser utilizados en el tendido óptico Guanta - Güiria.
5. Evaluar las características técnicas de los equipos activos y pasivos de la red óptica a instalarse a través del convenio PDVSA – CADAFE. Tramo Guanta – Güiria.

1.9 Alcance del proyecto

PDVSA comprometido con el desarrollo del plan siembra, lleva a cabo actividades en materia de exploración, producción, manufactura, transporte y mercadeo de los hidrocarburos a lo largo del territorio venezolano; con el fin de motorizar el desarrollo armónico del país y afianzar el uso soberano de los recursos, por esto se a comenzado la exploración de campos gasíferos en el golfo de paria y costas del estado sucre y pueblos del referido estado, por medio de proyectos de gran alcance como lo son el complejo Industrial Gran Mariscal De Ayacucho (CIGMA) a

ser ejecutado en la ciudad de Güiria, dicho macro proyecto impactará considerablemente a dicha población nombrada por sus dimensiones, alcance y envergadura, es por ello la necesidad de construir un sistema de tendidos eléctricos desde Puerto la Cruz hasta el complejo CIGMA para poder satisfacer las necesidades energéticas del proyecto y la demanda actual de las poblaciones aledañas.

Así mismo como plataforma de comunicación asociada a la extensión de la red nacional e participe de las actividades en el oriente del país, se implantará una Red de Transporte de Alta Velocidad y capacidad, con un elevado nivel de disponibilidad y fiabilidad, basada en protocolo SDH sobre una conexión física en Fibra Óptica, mediante la cual, se mantendrá bajo control la operatividad y procesamiento de información que se maneje en el proyecto CIGMA, por su parte gracias a este desarrollo, tanto la Empresa CANTV como la empresa CADAFE ven la oportunidad de ampliar y mejorar los servicios que ambos prestan en estos sectores a través de dicho tendido eléctrico.

Acuerdo que se vincula a cualquier convenio interno que a telecomunicación y servicios tecnológicos se refiera, como es el caso del Convenio Interno CADAFE y PDVSA, el cual aprovechando el tendido eléctrico que se instalara para asistir al complejo CIGMA como medio para la instalación de un sistema de fibra óptica OPGW a través del cable de guarda que por disposiciones del CONVENIO antes mencionado se dividirá la cantidad de fibra instalada entre las tres compañías.

CADAFE las utilizara como medio de supervisión, teleprotección y control en los puntos de monitoreo de la línea y donde existan equipos asociados y así poder potenciar el llamado proyecto RED DEL ESTADO, que no es mas que la integración de todas las redes de comunicaciones de las empresas estatales en una sola.

El Proyecto contempla la instalación de ciertas Infraestructura como lo son:

- Un cableado de Fibra Óptica de aproximado 385 Km (Distancia aproximada de Puerto la Cruz - Guiria).
- Nodos Ópticos con capacidades que pueden estar entre los STM-1 a STM-64, dependiendo ciertamente de los requerimientos que serán estudiados.
- Interconexión de los nodos en bus con protección 1+1.
- Integración del sistema central de comunicación en el Nodo Guanta.
- Caseta de Telecomunicación asociado a las exigencias particulares de cada miembro del Convenio.

La instalación de la Fibra Óptica seguirá, en la medida de lo posible la ruta de la Línea de Alta 230Kv perteneciente a la empresa CADAFE en el recorrido entre las subestaciones

GUANTA II – CUMANA II- CASANAY - SUCRE.

La instalación de la fibra será con OPGW a través del cable de guarda de la línea que llega a la población de Güiria, la altitud sobre el nivel del terreno dependerá de la los tendidos ya existentes al igual que su holgura entre poste, haciendo uso para ello el procedimientos y/o método de instalación tradicionalmente utilizado para líneas eléctricas, en correspondencia a las características y geografía del terreno.

En la figura n° 1.5 se observa la ruta general del tendido CADAFE 230Kv.



Figura 1.5 Trazado general del Tendido CADAFE - 230Kv.[21]

1.10 Justificación

Para PDVSA la automatización y control de procesos es considerado como actividad prioritaria dentro del Plan de mejoramiento continuo de la empresa y su fortalecimiento como empresa medular en el desarrollo del país en diferentes ámbitos, por ello mediante el desarrollo de este proyecto se busca:

- Mejorar la calidad de los servicios prestados por PDVSA.
- Mejorar la confiabilidad de la data e información suministrada por las diferentes plataformas de automatización y llevarla a las salas de supervisión y control.

- Mejorar los sistemas de telecomunicaciones de la compañía utilizando tecnología de vanguardia.

- Prevenir y controlar los riesgos asociados a la seguridad de instalaciones, personas y preservación del medio ambiente.

- Mejorar la eficiencia de las actividades de ingeniería, procura, operación y mantenimiento, para incrementar la competitividad y rentabilidad de los negocios de la corporación, al contar con un sistema confiable y redundante.

CAPÍTULO II

BASES TEÓRICAS

2.1 Fibra óptica

La fibra óptica es un medio flexible y extremadamente fino, capaz de conducir energía de naturaleza óptica. Presenta una serie de ventajas con respecto a otros medios de comunicación, por ejemplo: [2]

- Ancho de banda amplio
- Atenuación baja
- Inmunidad electromagnética
- Peso liviano
- Tamaño pequeño
- Seguridad con respecto a su manipulación
- Seguridad con respecto a la transmisión de datos

Uno de los avances tecnológicos más significativos en la transmisión de datos ha sido el desarrollo de los sistemas de comunicación de fibra óptica. La industria utiliza las comunicaciones vía fibra óptica para mejorar la fiabilidad y capacidad de las transmisiones de datos y control. Debido a la inherente naturaleza de las comunicaciones ópticas, la fibra es inmune a todas las interferencias eléctricas provocadas por grandes motores, conmutadores, luces y otros dispositivos que se encuentran frecuentemente en entornos industriales. [3]

2.1.1 Composición de la fibra óptica

Una fibra óptica consiste de un material transparente cilíndrico y largo que confina y propaga ondas luminosas (ver Fig. 2.1).

Como se puede apreciar, está compuesta de tres capas diferentes: el núcleo central que lleva la luz, el revestimiento que cubre el núcleo y que confina la luz dentro del núcleo, y el recubrimiento que dota de protección al revestimiento. El revestimiento y el recubrimiento se los denomina también protección primaria y protección secundaria respectivamente. El núcleo y el revestimiento están formados frecuentemente por vidrio de sílice, mientras que el recubrimiento es un plástico o una cubierta acrílica.

Cantidades de materiales, como el boro o germanio en las capas del núcleo y del revestimiento que son añadidos en el proceso de fabricación, alteran las características del índice de refracción de ambas capas, dando lugar a las propiedades de confinamiento de la luz necesarias para la propagación de los rayos. El índice de refracción del núcleo de sílice tiene un valor alrededor de 1.5 y el del revestimiento es ligeramente menor, alrededor de 1.48.

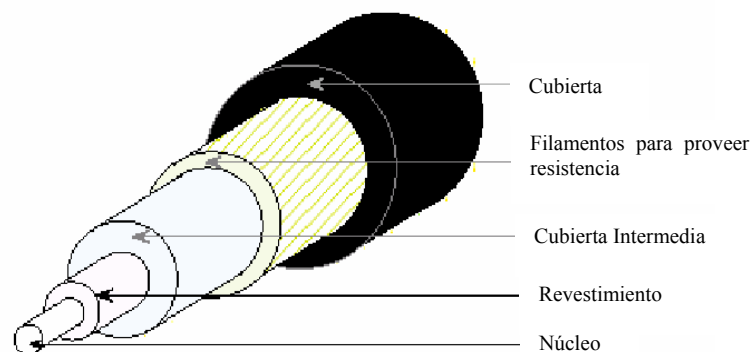


Figura 2.1 Sección transversal de un cable de fibra óptica [2]

Actualmente, organismos internacionales como el CCITT y el IEC han normalizado las características geométricas de la F.O. empleadas en comunicaciones.

2.1.2 Diámetros típicos de la fibra.

Las fibras ópticas que se usan en las telecomunicaciones se fabrican en cinco grupos principales, especificándose el tamaño de la fibra con el formato núcleo/revestimiento.

1.- Núcleo: 8 a 10/125 μm

Una fibra que tenga éste tamaño se conoce como fibra monomodo, pudiendo propagar la mayor tasa de datos con la más baja atenuación. Se utiliza frecuentemente para la transmisión de datos a alta velocidad o para largas distancias. Debido al pequeño diámetro de su núcleo, el equipamiento óptico utiliza conectores de alta precisión y fuentes láser.

2.- Núcleo: 50/125 μm

La fibra cuyo tamaño de núcleo es 50/125 μm fue la primera fibra de telecomunicaciones. Su pequeña apertura numérica (AN, ver sección 2.1.4) y pequeño tamaño del núcleo hacen que la potencia de la fuente acoplada a la fibra sea la menor de todas las fibras multimodo. Sin embargo, de todas las fibras multimodo, es la que tiene el mayor ancho de banda potencial.

3.- Núcleo: 62.5/125 μm

Esta fibra en la actualidad es la que más se utiliza para la transmisión multimodo, convirtiéndose en estándar para muchas aplicaciones. Tiene un ancho de

banda potencial menor que la fibra 50/125, pero es menos susceptible a las pérdidas por microcurvaturas. Su mayor AN y mayor diámetro de núcleo proporcionan un acoplamiento de luz ligeramente mayor que la fibra 50/125.

4.- Núcleo 85/125 μm

Esta fibra tiene una buena capacidad para acoplar luz, similar a la del núcleo de 100 μm y usa el revestimiento de diámetro estándar de 125 μm . Esto permite la utilización de conectores y empalmes estándar de 125 μm con esta fibra.

5.- Núcleo 100/140 μm

Es la fibra más fácil de conectar, debido a que su núcleo es mayor. Es menos sensible a las tolerancias del conector y a la acumulación de suciedad en los mismos. Acopla la mayor cantidad de luz de la fuente, pero tiene un ancho de banda potencial significativamente más bajo que otras de tamaños de núcleo más pequeños, se la utiliza en requerimientos de baja velocidad de datos. No es muy común y puede ser muy difícil de obtener.

Hay otras fibras con diámetros de núcleos todavía mayores, pero son menos comunes y sus aplicaciones están limitadas, y por lo general se las utiliza para redes de conexiones cortas (entre equipamientos) o en otras aplicaciones diferentes a las comunicaciones de datos.

2.1.3 Proceso de transmisión de la luz en la fibra

Cuando un rayo de luz se propaga sin obstáculos por un medio como el aire o el vidrio, viaja en línea recta. Sin embargo cuando un rayo de luz viaja de un medio a otro, se dobla en la frontera que separa ambos medios. A esta torcedura se le

denomina refracción. El ángulo con el cual se refracta se denomina ángulo de refracción. El ángulo con el cual el rayo de luz choca con la frontera del medio de transmisión se denomina ángulo de incidencia. El ángulo de incidencia está relacionado matemáticamente con el ángulo de refracción de acuerdo con la ley de Snell.

La refracción de un rayo de luz ocurre en un extremo de la fibra cuando el rayo pasa del aire al medio que conforma el núcleo de la fibra. Los ángulos de refracción y de incidencia se miden respecto al eje perpendicular a la superficie de separación airefibra. Sólo los rayos que inciden en la superficie aire-fibra con ángulos menores que el máximo ángulo de acoplamiento es refractado al núcleo de la fibra y capturados por ella. Los rayos de luz incidentes en la frontera aire-fibra con ángulos mayores que el máximo ángulo de acoplamiento no es capturado por la fibra.

Los rayos de luz que entran en el núcleo con ángulos menores que el máximo ángulo de acoplamiento chocan con la frontera revestimiento - núcleo formando ángulos mayores que el ángulo crítico. Por tanto son nuevamente reflejados de vuelta al núcleo y viajan hasta la nueva frontera recubrimiento - núcleo para ser reflejados de nuevo. El ángulo de reflexión de un rayo de luz es igual al ángulo de incidencia en la frontera. Siempre y cuando la fibra se mantenga recta, ocurrirá la reflexión total interna y todos los rayos de luz se propagarán por la fibra. Si la fibra se dobla el ángulo de incidencia decrece en el doblez.

Los fabricantes de fibra especifican el radio de curvatura mínimo para asegurarse que la fibra no pierde una fracción mínima de potencia en el doblez. Este radio debería respetarse en todo momento para asegurar las mínimas pérdidas de luz y para prevenir el deterioro de la fibra.

2.1.4 Apertura numérica

La apertura numérica de la fibra se la abrevia con las letras (AN) y está relacionada matemáticamente con el máximo ángulo de acoplamiento.

$AN = \text{sen}(\text{ángulo máximo de acoplamiento})$

$$AN = \frac{(n1 - n2)}{2}$$

Donde, $n1$ = índice de refracción del núcleo

$n2$ = índice de refracción del revestimiento

Ángulos máximos de acoplamiento típico para una fibra multimodo varían desde 10 a 30 grados. Valores típicos de AN varían desde 0.2 a 0.5. Normalmente se especifica el valor de AN para una fibra óptica.

Cuando un rayo de luz pasa a través de la superficie de separación entre dos medios, desde un medio con un índice de refracción alto a un medio con un índice de refracción bajo, el rayo se refracta a la superficie al pasar al segundo medio. A medida que aumenta el ángulo de incidencia del rayo de luz, se alcanza un punto en el cual ya no refracta en más el rayo de luz en segundo medio y es completamente reflejado de vuelta al primer medio. Esto se lo conoce como reflexión total interna, y el ángulo que ocurre esto se lo conoce como ángulo crítico, que se lo determina con la siguiente formula:

$$\text{Ángulo crítico} = \arcsen(n2 - n1)$$

Donde, $n1$ = índice de refracción del primer material

$n2$ = índice de refracción del segundo material.

2.1.5 Clasificación de la fibra óptica

Las fibras ópticas se clasifican de tres formas: por la distribución de refracción, por el modo de propagación y por el material con que se fabrican. A continuación se presenta la tabla.

Tabla 2.1 Clasificación de la Fibra Óptica.[1]

Tipos de fibra ópticas	Denominaciones de las fibras
Por índice de refracción	Fibra óptica de índice gradual Fibra óptica por índice escalonado
Por modos de propagación	Fibra óptica monomodo Fibra óptica multimodo
Por el Tipo del Material del Núcleo y del Revestimiento	Núcleo de silicio Revestimiento de silicio Núcleo de plástico Revestimiento de plástico

2.1.5.1 Según la distribución del índice de refracción

La F.O. por la diferencia de la distribución se puede dividir en dos clases principales:

➤ Fibra óptica de índice escalonado, La luz se refleja a diferentes ángulos para diferentes trayectorias o modos. La longitud de la trayectoria para diferentes modos es distinta, lo que implica tiempos de desplazamiento mayores o menores dependiendo de la trayectoria seguida por el rayo, así señales que entran al mismo tiempo en la fibra salen en tiempos diferentes. El pulso óptico sufre un ensanchamiento llamado dispersión modal como resultado de los diferentes modos en

la fibra. Típicamente este tipo de fibras presenta una dispersión modal de 15 a 30 ns/km.

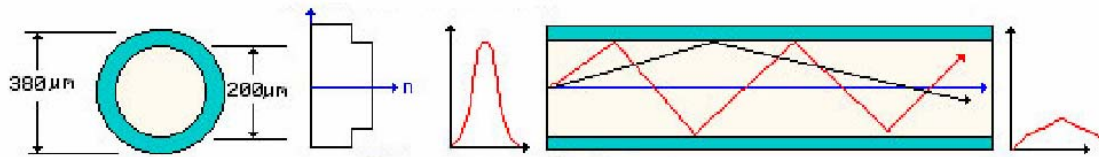


Figura 2.2. Fibra óptica multimodo de índice escalonado.[1]

Donde el índice de refracción se cambia en forma escalonado entre el núcleo y el revestimiento (SEP INDEX TYPE SI) adoptando la forma de una escalera o ángulo agudo.

➤ *Fibra óptica gradual*, Una forma de reducir la dispersión modal es utilizando fibras de índice gradual “GRIN”. El núcleo de este tipo de fibras está hecho de capas concéntricas de vidrio, cada capa a partir del eje central del núcleo presenta un índice de refracción menor que la anterior, logrando que el rayo se refracte continuamente obteniéndose un patrón casi sinusoidal. Los rayos que viajan en las capas lejanas al eje central del núcleo se desplazan a velocidades mayores que los rayos que viajan en las capas cercanas al eje, como resultado de este fenómeno todos los rayos tienden a llegar al mismo tiempo al final de la fibra. El índice gradual reduce la dispersión modal a 1 ns/km o menos.

Los diámetros más comunes del núcleo para estas fibras son de 50, 62.5 o 85 μm y para el revestimiento es de 125 μm , comúnmente la más usada es la de 62.5/125 μm .

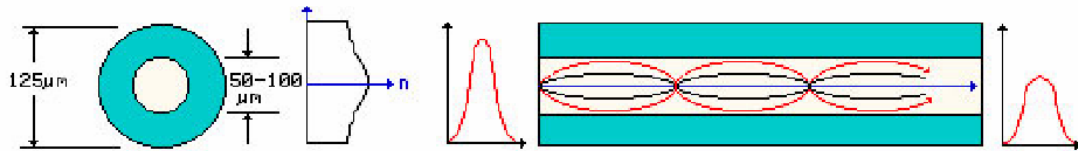


Figura 2.3. Fibra óptica multimodo de índice gradual.[1]

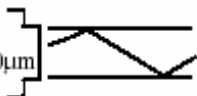


Donde la distribución del índice de refracción se cambia gradualmente (fibra óptica del tipo GI) (GRADED INDEX TYPE GI). En este caso el índice de refracción en el núcleo disminuye continuamente a medida que se aleja desde el eje central de la fibra.

También la fibra óptica del tipo SM (Single Mode) corresponde a la categoría de la fibra óptica del tipo SI. La diferencia de la relación del índice de refracción entre el núcleo y el revestimiento es muy pequeña y tiene por objeto propagar la luz en un solo modo. En el tipo escalonado, el índice de refracción cambia entre el núcleo y el revestimiento metálico de la fibra óptica adoptando la forma de una escalera o ángulo agudo.

En el tipo de índice graduado, el índice de refracción en el núcleo disminuye continuamente a medida que se aleja desde el eje central de la fibra. Por lo tanto los rayos que se alejan del eje central se centran en torno al núcleo en forma de curva sinusoidal y se forma de zig-zag en la fibra.

A continuación en la siguiente tabla se muestra la clasificación de la fibra óptica según el índice de refracción que esta presente.

Tabla 2.2 Clasificación por índice de refracción.[1]

	INDICE ESCALONADO		INDICE GRADUAL
	F. MONOMODO	F. MULTIMODO	F. MULTIMODO
Perfil del índice refractivo y modo de propagación de 50µm			
Diámetro del núcleo	5 a 10µm	50 a 85µm	50 a 85 µm
Diámetro del revestimiento	125µm	125µm	125µm
Atenuación óptica	3 dB/km para una longitud de onda de 0.85 y 0.2-1 dB/km. Para longitudes de 1.3 y 1.5µm		3 dB/km para una longitud de onda de 0.85 y 0.2-1 dB/km. para longitudes de 1.3 y 1.5µm
Diferencia del índice refractivo	Aprox. 0.3%	Aprox. %	Aprox. 1%
Ancho de banda de transmisión	Más de 10Ghz	10 – 50 Mhz/km	Cientos de Mhz/km a varios Ghz/km

2.1.5.2 Según el modo de propagación

Es un método de una onda luminosa de acuerdo con la Teoría Electromagnética de Maxwell, y puede considerarse que cada rayo corresponda un modo. Se puede clasificar en dos clases:

➤ Fibra óptica de modo simple SM:

Otra forma de reducir la dispersión modal es utilizar fibras con un núcleo más pequeño para lograr una propagación del rayo en un solo modo. Los diámetros del núcleo van desde 5 a 10 μm y el diámetro del revestimiento es de 125 μm .

Las fibras monomodo tienen un ancho de banda potencial de 50 a 100 GHz-Km, y esta capacidad está limitada por los dispositivos electrónicos y no por la fibra.

El punto en el cual la fibra transmite en un solo modo depende de la longitud de onda de la señal y es llamada longitud de onda de corte. Por ejemplo una fibra monomodo operando en los 1300 nm presenta la longitud de onda de corte alrededor de los 1200 nm.



Figura 2.4. Corte transversal de Fibra Monomodo.[1]

➤ FIBRA ÓPTICA MULTIMODO:

Una fibra multimodo es aquella que puede propagar más de un modo de luz. Una fibra multimodo puede tener más de mil modos de propagación de luz. Las fibras multimodo se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia, menores a 1 km;

es simple de diseñar y económico. Su distancia máxima es de 2 km y usa cañón láser de baja intensidad.

El núcleo de una fibra multimodo tiene un índice de refracción superior, pero del mismo orden de magnitud, que el revestimiento. Debido al gran tamaño del núcleo de una fibra multimodo, es más fácil de conectar y tiene una mayor tolerancia a componentes de menor precisión. Dependiendo el tipo de índice de refracción del núcleo, tenemos dos tipos de fibra multimodo:



Figura 2.5. Corte transversal de Fibra Multimodo[1]

2.1.5.3 Según el material del dieléctrico

La fibra según el material dieléctrico, se puede clasificar en varias clases: Fibra óptica de vidrio (está constituida de vidrio de cuarzo), fibra óptica de múltiples componentes (está constituida por el medio de multicomponentes) y las fibras ópticas de plástico.

Las fibras de vidrio de cuarzo contienen Flúor (F), Boro (B) y Germanio(Ge), etc.; como diversas clases de aditivo para cambiar el índice de refracción, aparte del cuarzo que está constituido por Si O_2 = Si: Silicio, O oxígeno, que es el componente principal.

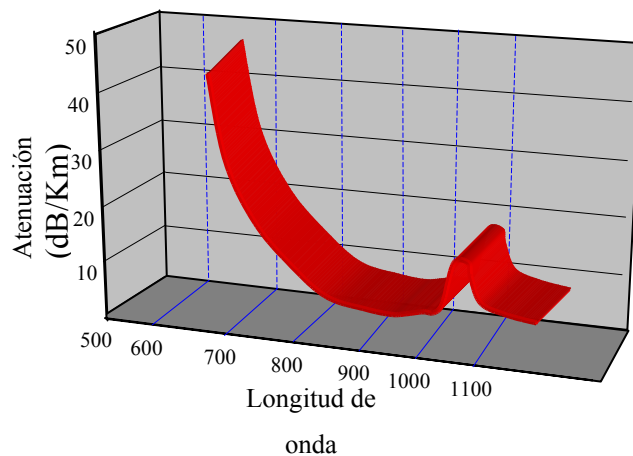


Figura 2.6. Curva de atenuación de la Fibra de Vidrio[2]

La fibra óptica por multicomponentes se compone principalmente por la cal sodada, el vidrio, etc. Se usa el metal alcalino del calcio (Ca) y sodio (Na), etc., como aditivo. El material de la fibra óptica de plástico, puede ser resina silicona, resina acrílica, etc. También existe la fibra óptica que se usa en la red de telecomunicaciones, es de la fibra de vidrio, que es excelente su estabilidad de fase en un período largo y la característica de transmisión en que se consigue fácilmente bajas pérdidas. En la siguiente tabla se presenta los materiales con que se fabrican las fibras ópticas.

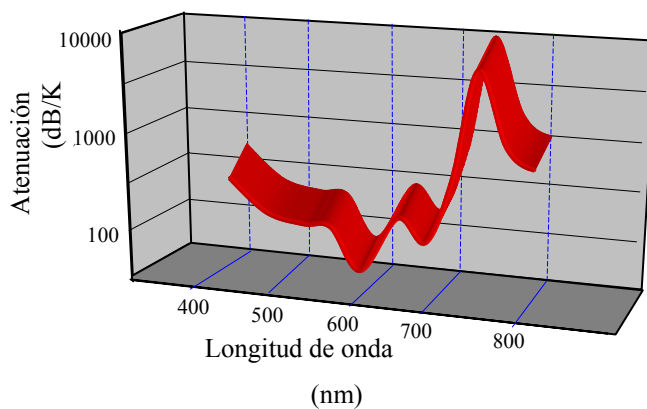


Figura 2.7. Curva de atenuación de la Fibra de Plástico[2]

Tabla 2.3 Clasificación de la F.O. según Material[2]

CLASIFICACIÓN	MATERIAL DE COMPOSICION
Fibra de sílice	SiO ₂ + dopantes (Ge, P, B, F, etc.)
Fibra con núcleo de sílice y revestimiento de plástico	Núcleo: SiO ₂ Revestimiento: resina Silicona
Fibra de vidrio multicompuesta	Cristal de Boro-Silicato
Fibra de plástico	Varios tipos de plástico

2.1.6 Pérdidas en la transmisión por fibra óptica

Es una manera que indica cuando se atenúa la potencia de la luz, cuando se propaga dentro de la fibra óptica. Cuanto más baja es la pérdida, ponemos tx la señal a una mayor distancia. En la siguiente figura se puede apreciar como se calcula la pérdida óptica en la fibra óptica.

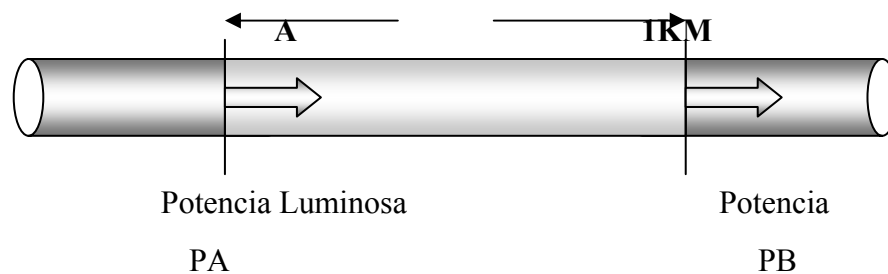


Figura 2.8. Pérdidas Ópticas.[2]

$$Pérdida = -10 \cdot \text{Log} \frac{PB}{PA}$$

2.1.6.1 Clases de pérdidas ópticas

Las pérdidas ópticas se pueden clasificar principalmente en:

1) Pérdidas básicas de la fibra óptica.

- Pérdida por absorción.
- Pérdida por dispersión de Rayleigh.
- Pérdida por dispersión debido a las imperfecciones estructurales.

2) Pérdidas agregadas: Cuando la fibra óptica se integra a un sistema de transmisión

- Pérdidas por flexión.
- Pérdidas por microflexión.
- Pérdida por empalme
- Pérdida por acoplamiento.

En esta fig. 2.9 se presenta un esquemático general de los diferentes factores que proporcionan degradación o pérdidas de la luz a través de una fibra óptica.

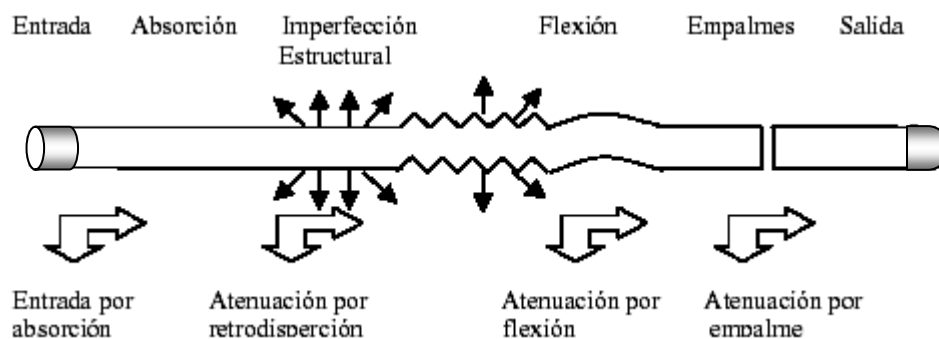


Figura 2.9. Diferentes Factores de la Pérdida Óptica[2]

2.1.6.1.1 Pérdida de absorción

La pérdida por absorción es la pérdida que se produce al convertir la luz en calor. La luz que se propaga dentro de la fibra óptica es absorbida por la propia materia de la fibra óptica y se transforma en calor.

La pérdida por absorción generalmente incluye pérdidas ópticas por absorción propia del vidrio (Si O₂) y absorción por impurezas contenidas en el vidrio(OH ion).

2.1.6.1.2 pérdida por dispersión de Rayleigh

Es el fenómeno que sucede cuando la luz choca con partículas pequeñas comparadas con su longitud de onda. La luz se refleja en todas direcciones. La dispersión de Rayleigh se debe a fluctuaciones microscópicas del índice de refracción en el núcleo, siendo esta pérdida inversamente proporcional a la longitud de onda(x).

Este cambio del índice es la causa de la dispersión de Rayleigh que se genera dentro de la fibra óptica y es el factor de la pérdida óptica propia para la fibra, que no se puede evitar durante el proceso de fabricación.

2.1.6.1.3 Pérdidas debido a las imperfecciones estructurales.

En la práctica la fibra óptica, no siempre se forma el núcleo y el revestimiento de forma cilíndrica uniforme perfectamente con la longitud de onda.

En general existen diversas concavidades y convexidades microscópicas entre las paredes del núcleo y del revestimiento, que causan dispersión de la luz. Alguna luz no se propaga dentro del núcleo, y se irradia en el revestimiento. A esta pérdida se la llama “pérdida por dispersión de imperfección geométrica de la F.O.”

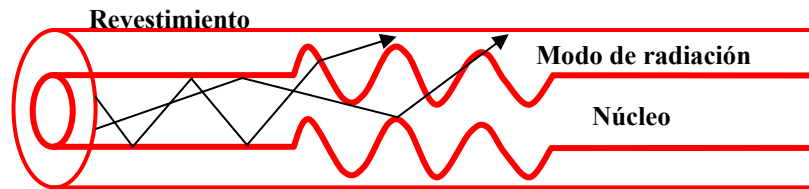


Figura 2.10. Pérdida Óptica por Imperfecciones Estructurales[2]

2.1.6.1.4 Pérdidas por flexión

Esta pérdida ocurre cuando doblamos la fibra, como se observa en la figura. El rayo de luz que entra en la superficie límite entre el núcleo y el revestimiento en un ángulo menor que el ángulo crítico, es radiado fuera del núcleo de la fibra óptica que ha sido doblada.

2.1.6.1.5 Pérdidas por Microflexión

Esta pérdida es generada por la flexión del eje de la fibra óptica en el orden de algunos micromilímetros cuando presiones iguales son aplicadas a la fibra.

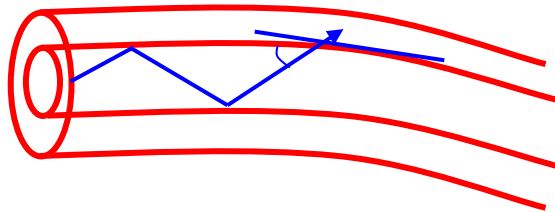


Figura 2.11 Pérdida por Flexión[2]

2.1.6.1.6 Pérdidas por Empalme.

La pérdida por empalme es causada por la diferencia entre los núcleos y los ángulos entre dos fibras empalmadas, tal como se puede apreciar en la siguiente figura:

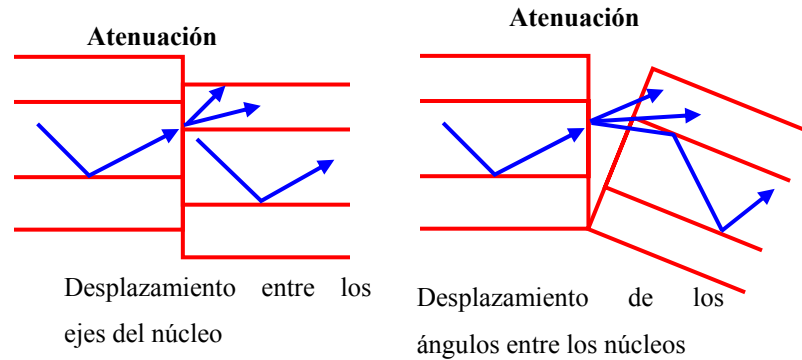


Figura 2.12 Pérdida por empalmes[2]

2.1.6.1.7 Pérdidas por acoplamiento con los dispositivos emisores de luz y receptores

La pérdida óptica por acoplamiento es causada cuando se conecta una fuente de luz (LASER o LED) o un receptor de luz (APN o PIN) a una fibra óptica. También existen pérdidas de acoplamiento cuando se conectan a la fibra dispositivos tales como atenuadores, acopladores y otros.

Como se sabe que las condiciones para el viaje de la luz de un dispositivo emisor de luz, está determinado por la apertura numérica NA, comparando el LD y el LED son diferentes en el ancho de luz del elemento generador de luz y el LD es mejor que el LED en acoplamiento de pérdidas.

El acoplar fibras ópticas con dispositivos receptores de luz, las fibras con gran NA, tipo GI tienen mayores pérdidas de acoplamiento que los tipos SM.

Tabla 2.4 Causas de las pérdidas ópticas[1]

	NOMBRE DE LAS PÉRDIDA	CAUSAS DE PERDIDA
PERDIDAS INTERNAS (PROPIAS DE LAS FIBRAS)	Pérdida por absorción.	Rayos ultravioletas, rayos infrarrojos, absorción de iones OH y las impurezas contenidas en el vidrio
	Pérdidas por absorción de Rayleigh	Las partículas de los rayos de luz se reflejan en todas direcciones
	Pérdidas por imperfecciones estructurales	Por deformaciones microscópicas en el límite del núcleo y el revestimiento
PÉRDIDAS EXTERNAS (AGREGADAS DESPUES DE LA INSTALACIÓN)	Pérdidas por flexión	Cuando se dobla el cable, produce un ángulo menor al ángulo crítico
	Pérdidas por empalme	Presiones desiguales aplicadas a la fibra después de la instalación.
	Pérdidas por acoplamiento	Diferencias de núcleos y ángulos después de empalme. Conexión de emisor y detectores ópticos

2.1.7 Características de las pérdidas ópticas en función de la longitud de onda.

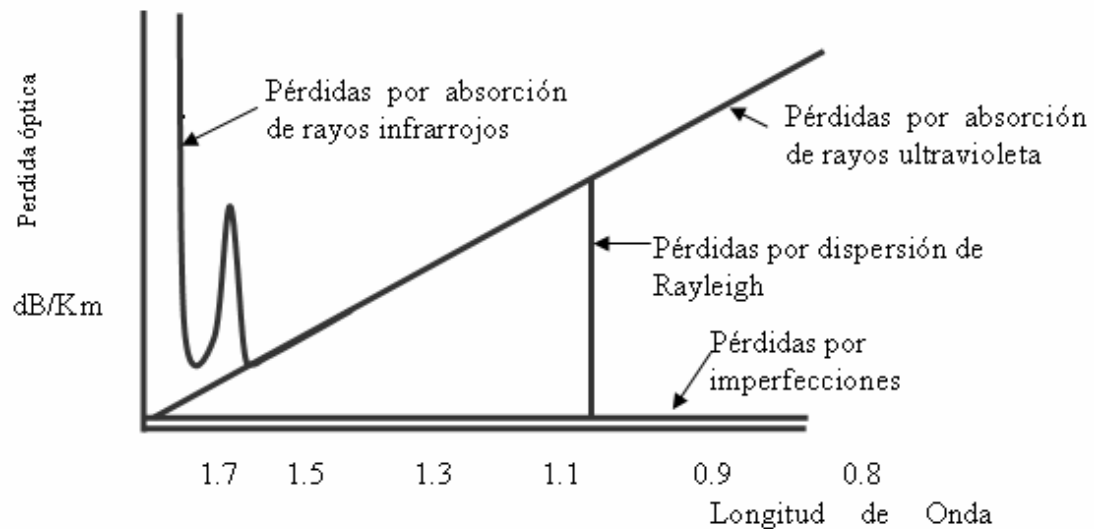


Figura 2.13: Pérdidas ópticas en función de la longitud de onda[1]

La pérdida óptica por esparcimiento de Rayleigh, está representada por la línea recta.

La pérdida por dispersión estructural e la gramática no representa características alguna con respecto a la longitud de onda. Las diferentes líneas rectas y curvas en la gráfica representan las características de las pérdidas por absorción. En un medio uniforme, el índice de refracción varía con la longitud de onda, resultando en la variación de la velocidad de propagación con la longitud de onda. La dependencia del índice de refracción sobre la longitud de onda es muy bien conocida en el fenómeno de dispersión a través de un prisma o por los 7 colores que se forman después de la lluvia. Estrictamente hablando, la luz usada en comunicaciones no es de una sola longitud de onda, sino de longitudes de ondas distribuidas sobre un rango pequeño, como se muestra a continuación

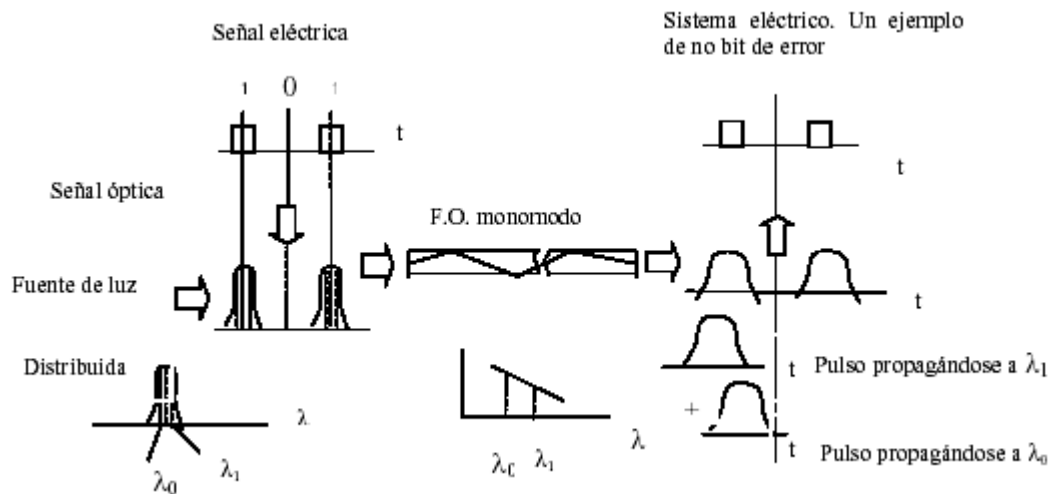


Figura 2.14 Dispersión por Longitud de Onda[1]

Por esta razón mientras más larga es la longitud, más pequeña resulta ser el índice de refracción, resultando con una velocidad de propagación menor. Este es

factor que limita el ancho de banda, en la misma forma que la dispersión por modo, y es llamada dispersión por material.

Cuando la diferencia en el índice de refracción es pequeña, como sucede entre el núcleo y el revestimiento de la F.O., el fenómeno total de reflexión en los bordes de la superficie no es como el que ocurre en una superficie de un espejo, sino que acompaña la infiltración de la luz dentro del revestimiento. Además el grado de infiltración varía con la longitud de onda, resultando en que la longitud de la ruta de propagación cambia con la longitud de onda. Este tipo de dispersión se llama dispersión por estructura. En el campo de las telecomunicaciones por F.O. la dispersión por material y la dispersión estructural son llamada en conjunto, dispersión por longitud de onda.

Dispersión por modo << Dispersión por material >> Dispersión por estructura

En el caso de las F.O. multimodo, el ancho de banda de transmisión está limitado únicamente por la dispersión por modo y la dispersión por longitud de onda da un pequeño efecto. En cambio las fibras de modo simple, la dispersión por longitud de onda es la causa principal de la limitación del ancho de banda; para fibras SM la longitud de operación es escogido de tal forma que los efectos por dispersión estructural.

2.1.8 Respuesta de la frecuencia de banda base

En la fig.2.15 se muestra que cuando un pulso atraviesa la fibra óptica desde el inicio hasta el final, la forma del pulso a la salida es más ancho con la relación al pulso de entrada. A este fenómeno de ensanchamiento se lo denomina DISPERSIÓN.

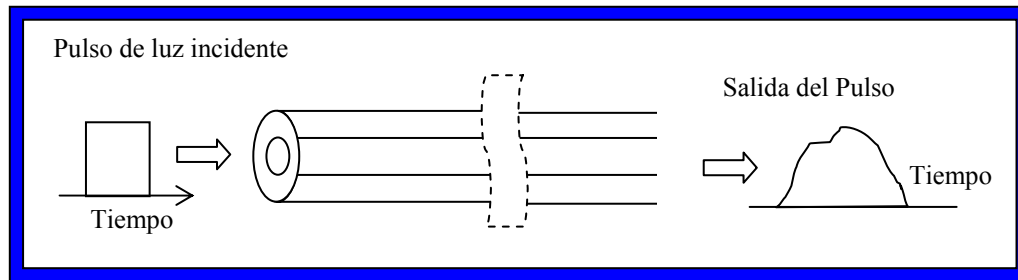


Figura 2.15 Fenómeno de Dispersión.[2]

Cuando la dispersión se observa desde el punto de vista de frecuencia, tenemos que la componente de frecuencia experimenta un cierto grado de atenuación. La relación entre la atenuación y la frecuencia es llamada frecuencia de respuesta de banda base en la fibra óptica.

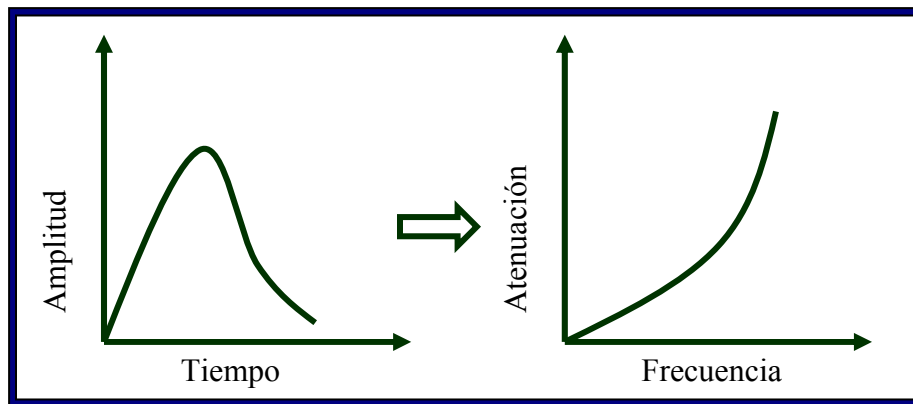


Figura 2.16 Característica de la Respuesta de la Fibra de Banda Base[2]

Como se ve al incrementarse la frecuencia de modulación de la señal de entrada, la amplitud de la señal de salida se reduce. La frecuencia cuya amplitud de salida es de 6 dB ($1/2$ es menor que la amplitud de modulación de entrada), esta señal es llamada ancho de banda de 6 dB). Las características de la respuesta de frecuencia de banda base en la fibra óptica se presentan en la siguiente gráfica.

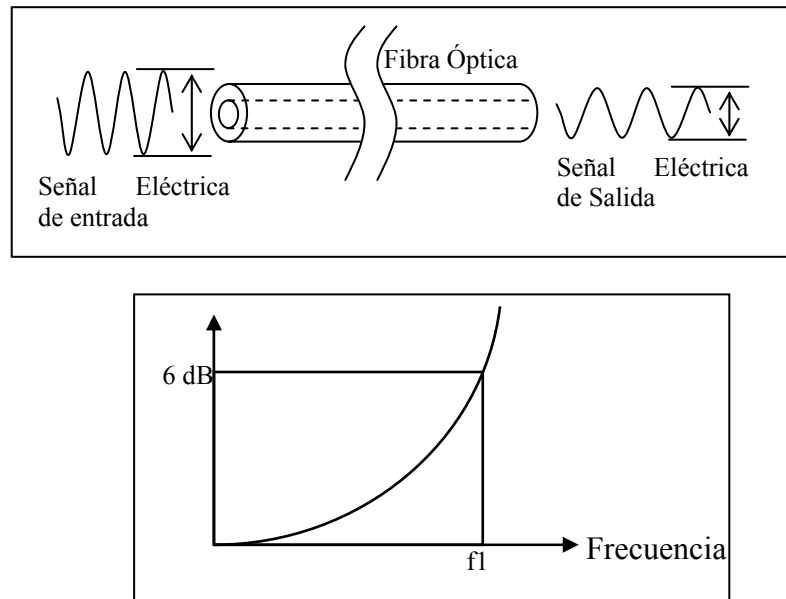


Figura 2.17 Característica de la respuesta de la fibra de Banda Base de 6 dB de Ancho de Banda[2]

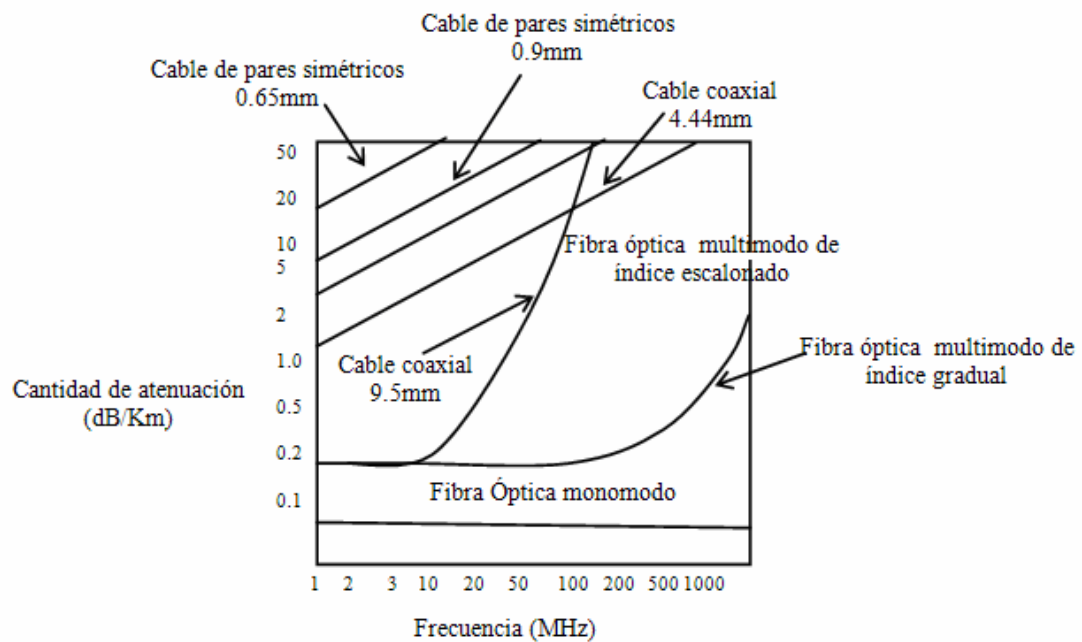


Figura 2.18 Características de la respuesta de frecuencia de Banda Base en la F.O.[2]

2.1.9 Factores que limitan el ancho de banda en la transmisión por fibra óptica.

La F. O. es usada fundamentalmente para transmitir información de tipo digital. Cuando el pulso de luz se transmite a través de una fibra óptica de cierta longitud, el pulso de salida en el otro extremo es más ancho que el pulso entrante y su amplificación la más baja. Este ensanchamiento o dispersión se debe a los siguientes factores que son los que limitan el ancho de banda en el transmisor.

- Dispersión de modo (Dispersión modal).
- Dispersión del material (Dispersión cromática).
- Dispersión estructural (Dispersión de guía de onda).

2.1.9.1 Dispersión por modo

En la fibra óptica multimodo es donde se propagan muchos modos. La anchura del impulso óptico se ensancha debido a las diferentes velocidades del grupo (velocidades de tx) entre los modos de propagación

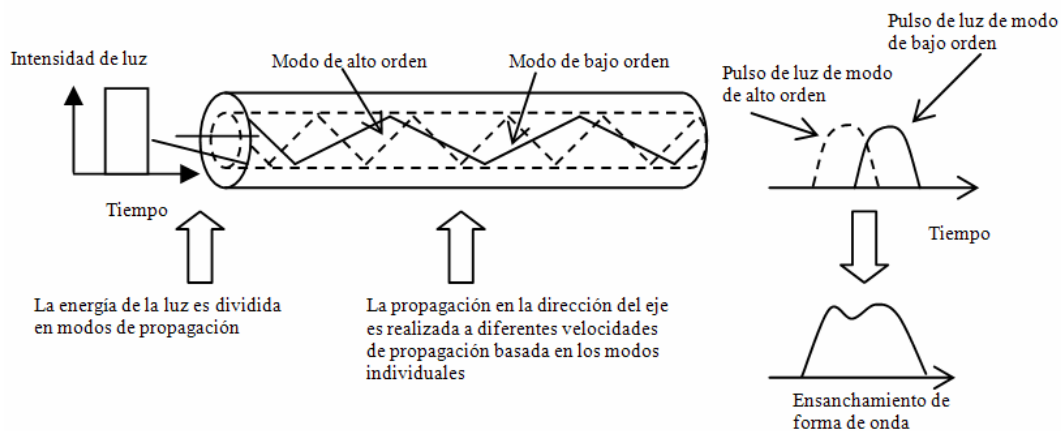


Figura 2.19 Dispersión por Modo[1]

En la fig.2.19 se representa la forma en que los diferentes modos de propagación viajan a través de la fibra óptica y como se observa el impulso a la salida.

2.2.9.2 Dispersión del material

La dispersión del material es la anchura de la forma de onda causada por la diferencia de los índices de refracción según el material utilizado en la fibra óptica y dependiendo de la longitud de onda tal como se aprecia en la fig.2.20

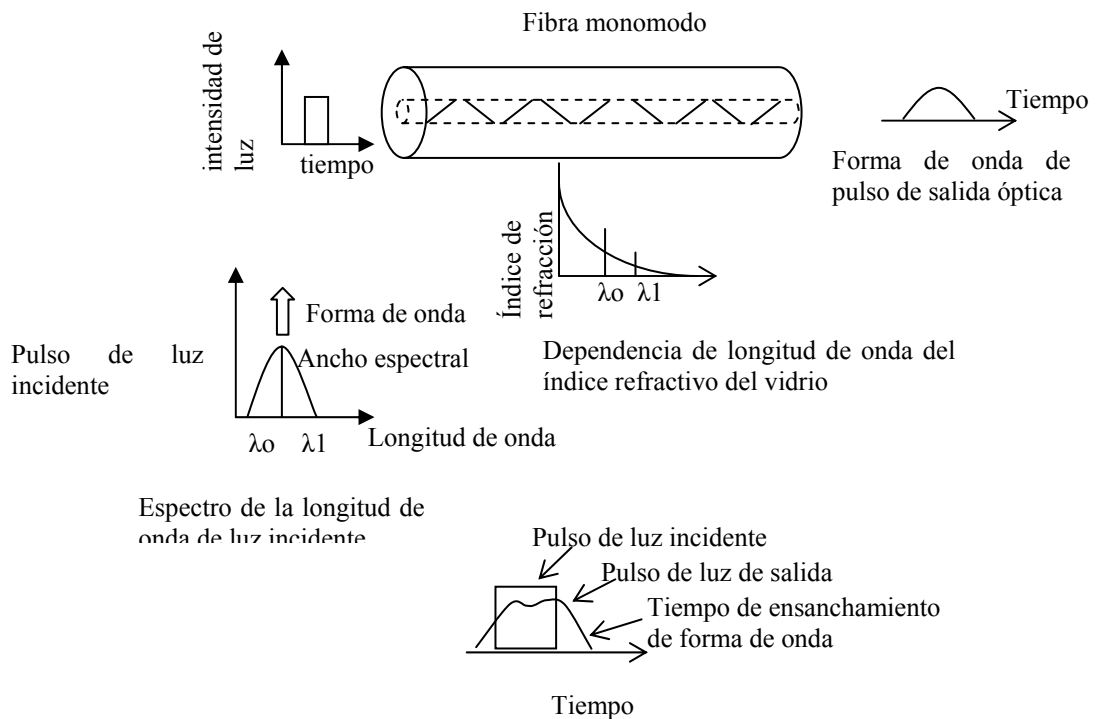


Figura 2.20 Dispersión del Material[1]

2.2.9.3 Dispersión de la guía de onda

En caso que la diferencia de los índices de refracción entre el núcleo y el revestimiento sea pequeña, el fenómeno de la reflexión total no es el mismo en el caso del espejo.

En esta reflexión total, una parte de la luz escapa hacia el revestimiento. La cantidad de luz que entra al revestimiento depende de la longitud de onda, y si esta longitud de onda se incrementa, la ruta de propagación también se extiende; por lo tanto, el impulso es amplio.

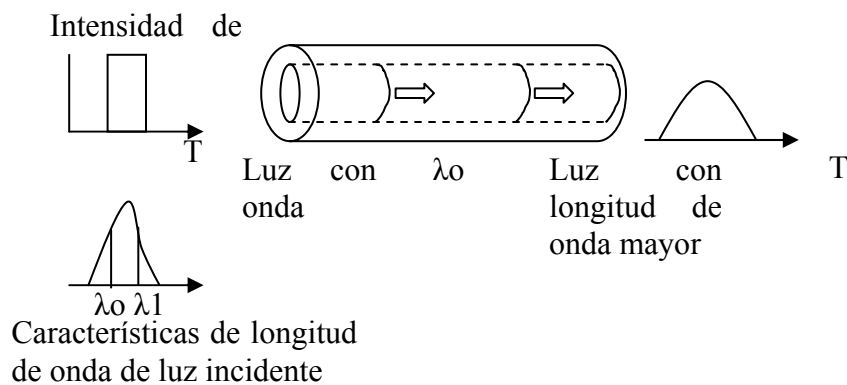


Figura 2.21 Dispersión de Guía[1]

Como se puede observar en la figura 2.22, la dispersión de modo, es la diferencia de velocidad de grupos entre modos, siendo esta una característica de las fibras multimodo. Los pulsos ópticos corresponden a cada uno de los modos que se propagan por la fibra óptica por diferentes caminos, uno del otro, siendo diferentes los instantes en que llega a la salida cada uno de esos modos. De esta forma es que los pulsos de salida, debido a la dispersión de modo, son más anchos que los pulsos de entrada.

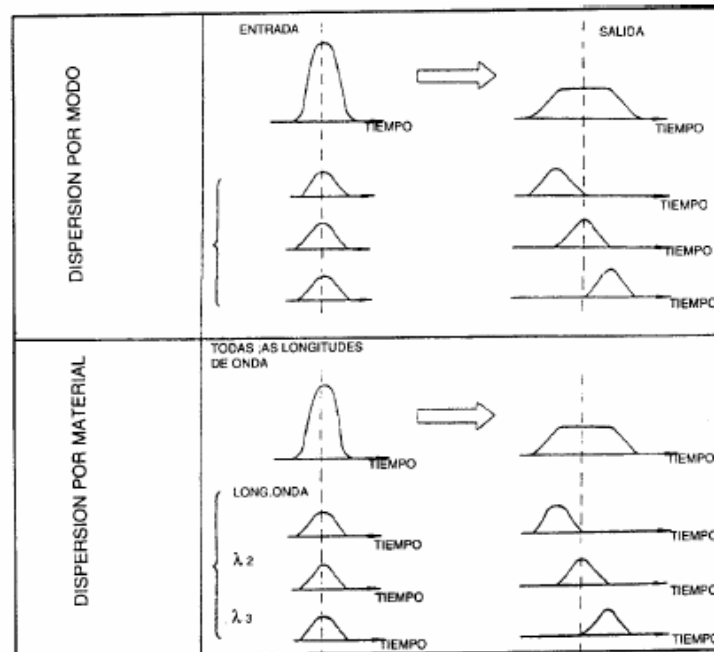


Figura 2.22 Factores que restringen el ancho de banda[1]

2.1.10 Elementos de transmisión en la fibra óptica

2.1.10.1 Cables de fibra óptica

2.1.10.1.1 Cable de figura en 8

Es un cable de estructura holgada con un cable fiador adosado. El cable fiador es el miembro soporte que se utiliza en las instalaciones aéreas. Es generalmente un cable de acero con alta tracción con un cable comprendido entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{5}{8}$ de pulgada. El cable de figura en 8 se denomina así por que su sección transversal se asemeja al número 8 (ver figura). Se usa en instalaciones aéreas y elimina la necesidad de atar el cable a un fiador preinstalado. Con un cable de figura en 8 la instalación aérea de un cable de fibra óptica es mucho más rápida y fácil.

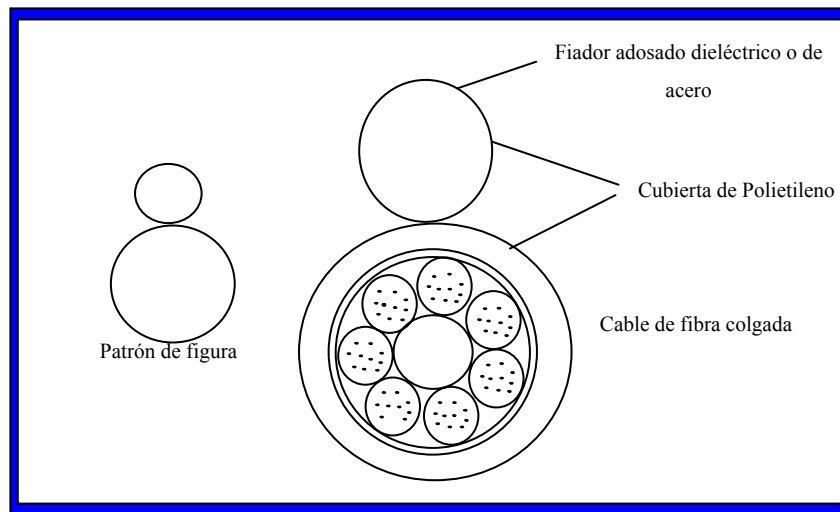


Figura 2.23 Cable de fibra óptica en figura 8.[6]

El fiador se encuentra disponible en acero, para la atracción o en un material completamente dieléctrico. Deberá considerarse la utilización del fiador dieléctrico cuando el cable se instale cerca de las líneas de alta tensión.

2.1.10.1.2 Cable Blindado

Estos cables tienen una coraza protectora o armadura de acero debajo de la cubierta de polietileno (ver figura 2.24). Esto proporciona al cable una resistencia al aplastamiento y propiedades de protección frente a roedores. Se usa frecuentemente en aplicaciones de enterramiento directo o para instalaciones en entornos de industrias pesadas. El cable se encuentra generalmente en estructura holgada aunque hay cables de estructura ajustada.

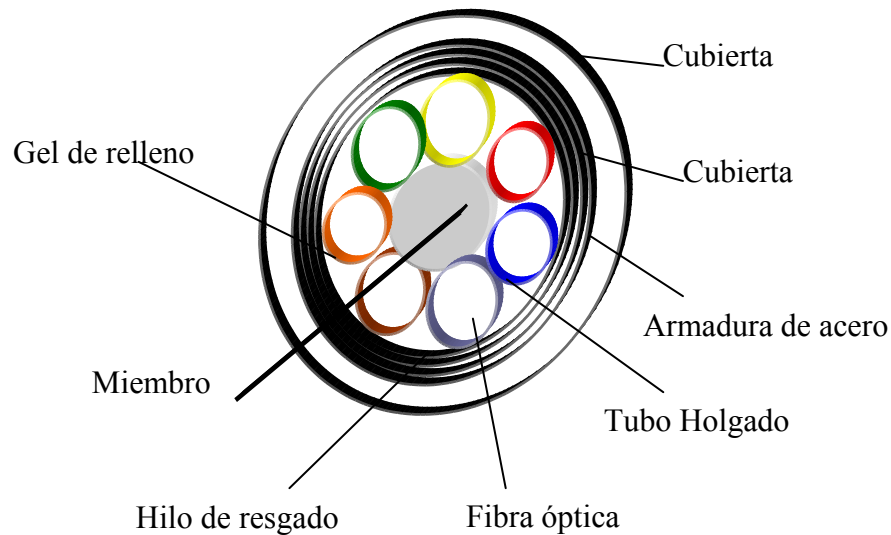


Figura 2.24 Cable de fibra óptica con armadura[6]

El cable blindado también se puede encontrar disponible con un recubrimiento protector de doble coraza para añadir protección en entornos agresivos. La coraza de acero del cable debería llevarse a tierra en todos los puntos terminales y en todas las entradas a los edificios.

2.1.10.1.3 Cable Aéreo o Autoportado

El cable aéreo o autoportado es un cable de estructura holgada diseñado para ser utilizado en estructuras aéreas. Para asegurar el cable directamente a la estructura del poste se utilizan abrazaderas especiales. El cable se sitúa bajo tensión mecánica a lo largo del tendido.

2.1.10.1.4 Cable Submarino

El cable es de estructura holgada diseñado para permanecer sumergido en el agua. Actualmente muchos continentes están conectados por cables submarinos de fibra óptica transoceánicos.

2.1.10.1.5 Cable compuesto tierra - óptico (OPGW)

El cable compuesto tierra - óptico es un cable a tierra que tiene fibras ópticas insertadas dentro de un tubo en el núcleo central del cable. Las fibras ópticas están completamente protegidas y rodeadas por pesados cables a tierra. Es utilizado por las compañías eléctricas para suministrar comunicaciones a lo largo de las rutas de las líneas de alta tensión.

2.1.10.1.6 Cables Híbridos

El cable híbrido es un cable que contiene tanto fibras ópticas como pares de cobre.

2.1.10.1.7 Cable en Abanico

Un cable abanico es un cable de estructura ajustada con un número pequeño de fibras y diseñado por una conectorización directa y fácil (no se requiere de un panel de conexiones).

Se usa fundamentalmente para aplicaciones interiores como redes LAN. La siguiente tabla proporciona una guía general de las aplicaciones de los cables de fibra óptica.

Tabla 2.5 Tipo de cable[6]

Aplicación	Cordones de conexión	Cable en abanico	Estructura ajustada dialéctica	Estructura holgada con dieléctrico	Estructura holgada con armadura	Estructura ajustada con armadura	Figura en 8	Auto portante	Submarino
Conexión directa al equipamiento en la misma habitación o cabina ^{1,2}	X	X	X						
Terminada en panel de conexión									
Entre oficinas de un mismo edificio ²		X	X	X					
Dentro de una planta industrial		X ³	X ³	X ³	X	X			
Alzadas elevadas	X	X			X				
Area entre edificios				X			X	X	
Subterráneas en conductos				X					
Directamente enterrada					X				
Submarina				X ⁴	X ⁴				X
Cerca de alta tensión			X	X					

1 Cuando los cordones de conexión van por fuera del armario o cabina del equipamiento, deben situarse en bandejas.

2 Siempre se debería utilizar cable ignífugo.

3 Cable situado en un conducto metálico.

4 Algunos fabricantes de cable de estructura holgada permiten situar el cable en aguas poco profundas. Consulte los detalles con el fabricante del cable. En caso contrario, será necesario emplear un cable especial submarino.

2.1.10.2 Composición del cable de fibra óptica

Los cables de fibra óptica se fabrican con varios materiales para adecuarse al entorno de la instalación, lo cual prolonga la vida útil del cable.

Los cables de exteriores deben de ser fuertes, a prueba de intemperie, resistentes al ultravioleta de esa manera impide la descomposición del material interno, resistir las variaciones máximas de temperatura que se puedan dar en el proceso de instalación y a lo largo de su vida. A menudo un cable se especifica en dos rangos de temperatura.

El primer rango especifica las temperaturas de instalación y manejo del cable y el otro rango indica el máximo rango de temperaturas del cable después de que éste esté instalado y se halle en su posición estática final.

Los cables de interiores deberán ser fuertes, flexibles y con un grado requerido de resistencia al fuego o de emisión de humos. Los colores de las cubiertas pueden ser naranjas o amarillos brillantes para su fácil identificación. Existen algunos materiales más populares de los cables, que son:

Polietileno (PE)

El polietileno es una cubierta de protección del cable bastante común para instalaciones exteriores. La cubierta de tipo negro tiene unas buenas propiedades de resistencia frente a la intemperie y la humedad. Es un aislante muy bueno y tiene unas propiedades dieléctricas estables. Dependiendo de su densidad molecular puede ser muy duro y rígido, especialmente a bajas temperaturas. Solo no es un buen material ignífugo, pero podría serlo si se tratara con los compuestos adecuados.

Cloruro de polivinilo (PVC)

Las cubiertas de PVC ofrecen una buena resistencia a los efectos medioambientales, con algunas composiciones que operan a temperaturas comprendidas entre -55 y $+55$ grados centígrados. Es un buen retardador del fuego y

se puede encontrar tanto en instalaciones exteriores como en interiores. El PVC es menos flexible que el PE y generalmente más caro.

Poliuretano

El poliuretano es un material bastante común como cubierta de cables. Muchas composiciones tiene buenas propiedades de resistencia al fuego y es más duro y ligero que otros muchos materiales. Tiene también propiedades de “efecto memoria”, haciéndolo una elección ideal para latiguillos retráctiles.

Hidrocarburos polifluorados (fluoropolímeros)

Algunas composiciones de cubiertas basado en hidrocarburos polifluorados tiene buenas propiedades de resistencia al fuego, poca emisión de humos y tiene buena flexibilidad. Se usan para instalaciones interiores.

Cabos de aramida/kevlar

Los cabos de aramida son un material ligero que se encuentra justo por dentro de la cubierta del cable, rodeando a las fibras, que se puede usar como miembro central de refuerzo. El material es fuerte, se lo utiliza para atar y proteger los tubos o fibras individuales en el cable. El Kevlar es una marca particular de cabos de aramida que es capaz de soportar un esfuerzo mecánico muy grande y que se utiliza frecuentemente en los chalecos antibalas. Los cables de fibra óptica que deben resistir tensiones de estiramiento o tracción elevadas utilizan a menudo el Kevlar como miembro central de refuerzo.

Como se sitúa justo por dentro de la cubierta, rodeando todo el interior del cable, proporciona a las fibras una protección adicional frente al entorno. Puede

también proporcionar propiedades de resistencia a las balas, que pueden requerirse en instalaciones aéreas del cable en áreas de caza.

Coraza de acero

La cubierta de coraza o armadura de acero se utiliza frecuentemente en instalaciones interiores y exteriores. Cuando se utiliza en un cable enterrado, proporciona una resistencia excelente a la compresión y es el único material verdaderamente a prueba de los roedores. En ambientes industriales se utilizan dentro de la planta cuando el cable se instala sin conductos o bandejas de protección. Sin embargo, el acero que se añade al cable lo hace conductor, con lo que se sacrifica la ventaja como dieléctrico que posee el cable. Los cables con coraza se deben llevar a tierra convenientemente.

Hilo de rasgado

El hilo de rasgado del cable es un hilo muy fino y fuerte que se encuentra justo por debajo de la cubierta del cable. Se usa para rasgar fácilmente la cubierta del cable sin dañar su interior.

Miembro central

El miembro central se utiliza para proporcionar fuerza y soporte al cable. Durante las operaciones de tendido del cable se debe asegurar al orificio de tracción. Para instalaciones permanentes, se debe atar el anclaje que hay para tal cometido en la caja de empalmes o en el panel de conexión.

Relleno intersticial

Es ésta una sustancia gelatinosa que se encuentra en los cables de estructura holgado. Llena la protección secundaria y los intersticios del cable haciendo que éste sea impermeable al agua. Cuando se pele para empalmar el extremo del cable, se debe eliminar completamente con un compuesto especial que existe para tal efecto.

2.1.10.3 Estructura del Cable de Fibra Óptica

Un cable de fibra óptica se encuentra disponible en dos construcciones básicas que son: Cables de estructura holgada y cables de estructura ajustada.

2.1.10.3.1 Cable de estructura holgada

Este cable consta de varios tubos de fibra rodeando un miembro central de refuerzo y rodeado de una cubierta protectora. Lo que identifica este tipo de cable son los tubos, en donde cada tubo de dos o tres milímetros de diámetro, lleva varias fibras óptica que descansan holgadamente en él. Estos pueden ser huecos, están llenos de un gel resistente al agua que impide que ésta entre en la fibra.

El tubo holgado aísla la fibra de las fuerzas mecánicas exteriores que se ejercen sobre el cable. Las fibras dentro del tubo son ligeramente más largas que el propio cable, por lo que el cable se puede elongar bajo cargas de tensión, sin aplicar tensión a la fibra. Como se muestra en la figura a continuación la composición del tubo holgado.

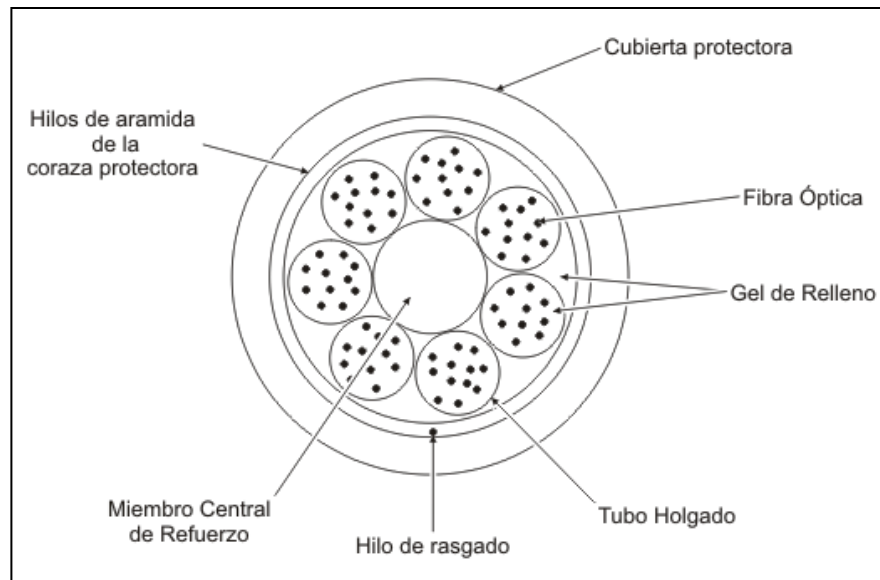


Figura 2.25 Cable de Tubo Holgado[6]

Cada tubo está coloreado, o numerado, y cada fibra individual en el tubo, además, está coloreada para hacer más fácil su identificación. El número de fibra que lleva cada cable varía desde unas pocas a 200.

El centro del cable contiene un elemento de refuerzo, que puede ser acero, Kevlar o un material similar. Este miembro proporciona al cable refuerzo y soporte durante las operaciones de tendido, así como en las posiciones de instalación permanente.

Debería amarrarse siempre con seguridad a la polea de tendido durante las operaciones de tendido del cable, y a los anclajes apropiados que hay en cajas de empalmes o paneles de conexión.

La cubierta o protección exterior del cable se puede hacer, entre otros materiales, de polietileno, de armadura o coraza de acero, goma o hilo de aramida, y para aplicaciones tanto exteriores como interiores. La cubierta está secuencialmente numerada cada metro por el fabricante.

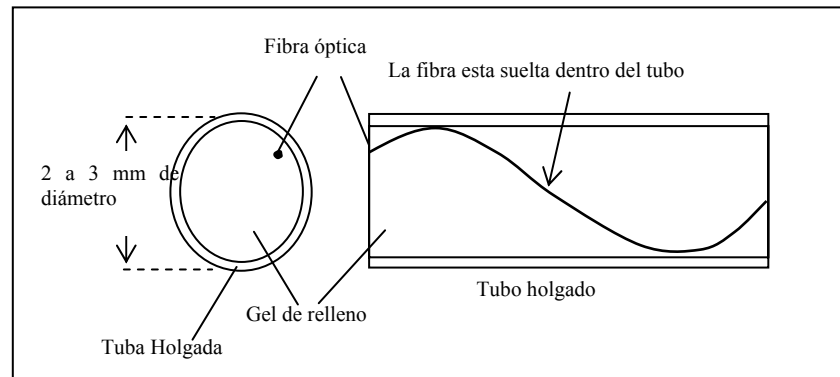


Figura 2.26 Tubo holgado de cable de fibra óptica[2]

La tensión de tendido y el radio de curvatura de los cables de fibra óptica varían, por lo que deberían consultarse las especificaciones del fabricante, para conocer en particular el cable.

Los cables de estructura holgada se usan en la mayoría de las instalaciones exteriores, incluyendo aplicaciones aéreas, el tubo o conductos y en instalaciones directamente enterradas. Estos cables son muy adecuados para las instalaciones en recorridos muy verticales. Porque existe la posibilidad que el gel interno fluya o que las fibras se muevan.

Se debe consultar las especificaciones de fabricante para determinar, en cualquier instalación, el recorrido vertical máximo del cable. Estos cables están normalmente terminados en un panel de conexión apropiado o en una caja de empalmes.

2.1.10.3.2 Cable de estructura ajustada

Este cable contiene varias fibras con protección secundaria que rodean un miembro central de tracción y todo ello cubierto de una protección exterior (ver figura 2.27).

La protección secundaria de la fibra consiste en una cubierta plástica de $900\mu\text{m}$ de diámetro que rodea al recubrimiento de $250\mu\text{m}$ de la fibra óptica (ver figura 2.28).

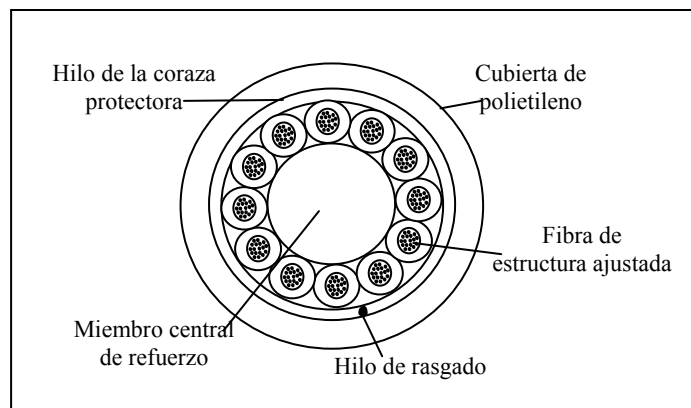


Figura 2.27 Cable de Estructura Ajustada[6]

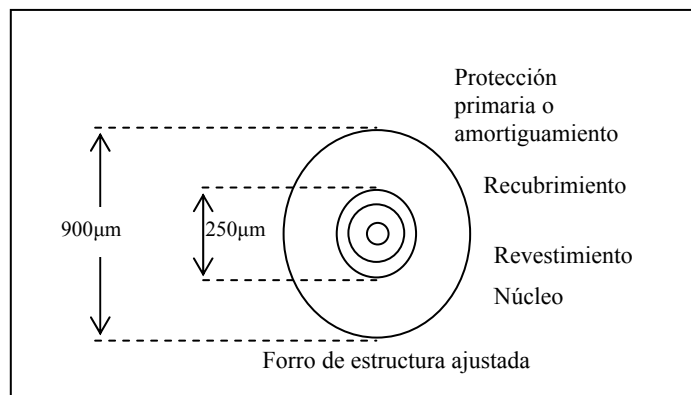


Figura 2.28 Cable de Fibra Óptica Estructura Ajustada[6]

La protección secundaria proporciona a cada fibra individual una protección adicional frente al entorno así como un soporte físico. Esto permite a la fibra se

conectada directamente (conector instalado directamente en el cable de la fibra), sin la protección que ofrece una bandeja de empalmes. Para algunas instalaciones esto puede reducir el coste de la instalación y disminuir el número de empalmes en un tendido de fibra. Debido al diseño ajustado del cable, es más sensible a las cargas de estiramiento o tracción y puede ver incrementadas las pérdidas por microcurvaturas.

Un cable de estructura ajustada es más flexible y tiene un radio de curvatura más pequeño que el que tiene los cables de estructura holgada. Es un cable que se ha diseñado para instalaciones en el interior de los edificios.

También se pueden instalar en tendidos verticales más elevados que los cables de estructura holgada, debido al soporte individual de que dispone cada fibra. Hay disponibles cables con varias graduaciones de piroresistencia para cumplir los requerimientos estándar de inflamabilidad o combustibilidad. Es de diámetro mayor y generalmente más caro que un cable similar de estructura holgada con el mismo número de fibras.

2.2 Fuentes Ópticas

Las fuentes ópticas son consideradas componentes principales de un enlace de fibra óptica y sus características de emisión deben coincidir con el rango de 800 nm a 1600 nm en el cual la atenuación de la fibra óptica tiene la mínima atenuación espectral. En este rango de longitudes de onda se encuentran lo que se denominan ventanas ópticas.

Estas son:

- 1ra. Ventana: 820 nm a 900 nm.
- 2da. Ventana: 1300 nm.

➤ 3ra. Ventana: 1550 nm a 1660 nm.

Es aconsejable usar la segunda ventana de 1300 nm ya que tanto la atenuación intrínseca y de Rayleigh disminuyen aproximadamente 0.5 dB/Km. y además la dispersión cromática es aproximadamente cero, lo que permite transmitir grandes anchos de banda.

Entre las fuentes luminiscentes más usadas tenemos los Diodos Led y Diodos Láser.

2.2.1 Estructura de los Dispositivos Emisores de Luz (Fuentes Ópticas).

2.2.1.1 Diodo Led

La estructura básica es la misma heterojuntura que los LEDs. Los electrones fluyen a través de la juntura p-n combinándose con los huecos de la misma manera como en los LEDs en la capa activa como se muestra en la, y la luz se emite en esta capa debido a la barrera de la heterojuntura. Si embargo, en el caso LEDs, su estructura no permite la amplificación y oscilación de la luz en la capa activa como en los LDs, así que la luz generada en un punto lejano a la superficie límite no puede ser extraída de la superficie fácilmente. Por esto, la luz LED es generalmente extraída desde un lado electrodo.

Las características de los LEDs son: alta confiabilidad, por baja eficiencia en acoplamiento, anchos de banda de hasta 200MHz, anchos espectrales típicos de 40 nm en la primera ventana y 80 nm en la segunda ventana. En consecuencia, una dispersión cromática muy grande.

2.2.1.2 Diodo Láser

Los LEDs en general están estructurados en tres capas. La oscilación ocurre en la región encerrada entre los cristales semiconductores 'p' y 'n', la cual es llamada capa activa y actúa como un resonador. Como una corriente fluye (se inyecta) desde el lado (+) al Lado (-) de la figura, la luz láser es emitida en la dirección de las flechas.

Como en el método de la oscilación LD en la práctica, se debe prestar atención a las tres capas, las capas 'p' y 'n' y la capa activa puesta entre ellas. Una estructura semiconductor como ésta es llamada doble heteroestructura lo cual significa que hay dos junturas de materiales diferentes. Para comenzar la oscilación láser, se deben satisfacer las siguientes condiciones:

La diferencia de nivel de energía entre la banda de conducción de semiconductor tipo p y la de la capa activa debe de hacerse grande. Además, para el conductor tipo n de la juntura, el nivel de energía de la banda de valencia se hace menor que el de la capa activa. Cuando una corriente fluye desde la capa p a la capa de semiconductor cuyas junturas están en la condición mencionada, el exceso de electrones en la región "n" se mueve hacia la región p.

Como resultado, existe electrones y huecos en la capa activa entonces debería ponerse atención en los niveles de energía de la tres capas.

Los electrones y huecos inyectados en la capa activa son confinados en el interior debido a una barrera de energía (llamada heterobarrera), la que fácilmente produce el estado de inversión de población y tiene el efecto de incremento en la intensidad de emisión. Luego si el índice refractivo de la capa activa se hace mayor

que el de las regiones vecinas, una guía de onda dieléctrica es hecha y la luz es estrictamente confinada en el interior de la capa activa y se propaga en su interior.

De esta manera una emisión eficiente es realizada por la combinación del confinamiento de electrones y huecos con la luz en la capa activa.

Las características de los láser son mucho más caros que los LEDs pero por otra parte tienen las siguientes ventajas: ancho de banda elevado (hasta el orden de los GHz), alta eficiencia de acoplamiento y bajo ancho espectral típicamente de 2-3 nm. Esto resulta en baja dispersión cromática y alto ancho de banda del sistema.

La desventaja de los láseres son: baja confiabilidad, grandes corrientes más allá de la corriente de umbral, necesitan de enfriamiento y estabilización de potencia.

Tabla 2.6 Características de los Dispositivos Emisores de Luz[5]

Dispositivo emisores de luz	LED	FPLD	DFBLD
Salida de Luz entrada de luz de las fibras ópticas	2.5 mw $\leq 0.05\text{mw}$	< 10mw < 3mw	
Ancho de banda del espectro	100nm	3nm	$\leq 0.5\text{nm}$
Respuesta de frecuencia	Algunos cientos de mhz o menos	Algunos ghz o menos	
Vida	Un millón de horas o menos	400 mil horas o menos	

2.2.2 Estructura de los Dispositivos Receptores de Luz

Los dispositivos receptores de luz se clasifican en dos tipos de acuerdo a los voltajes externos aplicados: fotodiodos (PIN-PDs) y fotodiodos de avalancha (APDs).

2.2.2.1 Receptor PIN-PDS

Los fotodiodos PIN-PDs son PDs típicos. Un PIN es un dispositivo que contiene una capa de semiconductor intrínseco ('i' es la abreviatura de intrínseco) entre dos semiconductores tipo p y tipo n. La anteriormente mencionada corriente de flotación muestra una respuesta rápida debido a un campo eléctrico que es generado en la capa de depleción. La corriente de difusión generada externamente a la capa de depleción muestra una respuesta lenta. El ampliar la capa de depleción es la ventaja más grande con los PDs en términos de eficiencia cuántica y respuesta de frecuencia. El ancho de la capa de depleción se incrementa como la concentración de electrones en la región 'p' y 'n' disminuye.

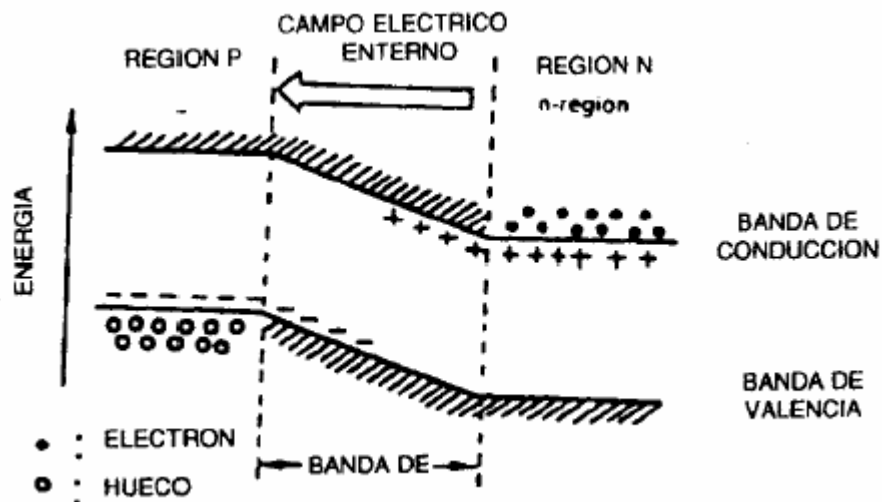


Figura 2.29 Principio de Operación del PIN-PD y Niveles de Energía[5]

El conductor tipo-i puesto entre los semiconductores 'p' y 'n' desempeña el rol de ensanchamiento del ancho de la capa de depleción. Los PDs utilizados par sistemas de comunicación son generalmente requeridos por tener respuesta rápida, así que los PIN-PD se utilizan en la mayor parte.

Las características que los fotodiodos PIN- PD: que son utilizados en la tercera ventana óptica, tienen una buena linealidad, ancho de banda y estabilidad pero no muy alta sensibilidad. Además, altos voltajes (20 - 30V) deben de ser aplicados a los APD para alcanzar el factor de multiplicación necesario.

2.2.2.2 Receptor APD o de avalancha

Los APDs, por otro lado, usan la multiplicación en avalancha de electrones y huecos en semiconductores para obtener corrientes mayores a los PDs. El principio de operación de los APDs se muestra en la figura 2.30. Estructuralmente, un semiconductor tipo p (la porción indicada como p⁺ en la figura) con concentración de huecos mayor que los de la región p es sumada al lado 'p' de la juntura pn en general. En ese caso, el campo electrónico interno en la vecindad de la juntura, con su centro en la región p llega a ser muy fuerte. Electrones que han sido excitados desde la región p⁺, ganan mucha más energía que la diferencia de energía entre la banda de conducción y la banda de valencia mientras pasan a través de la región p sufriendo aceleración.

Como resultado, ellos ganan poder suficiente para excitar los electrones en la banda de valencia para generar nuevos electrones y huecos, estos nuevos electrones y huecos son nuevamente acelerados por el campo eléctrico interno además de generar electrones y huecos. Si este proceso se mantiene sin interrupción, el número de electrones y huecos se incrementa a manera de avalancha. Esta es la razón para que el efecto sea llamado multiplicación en avalancha, y su resultado es una amplificación de corriente.

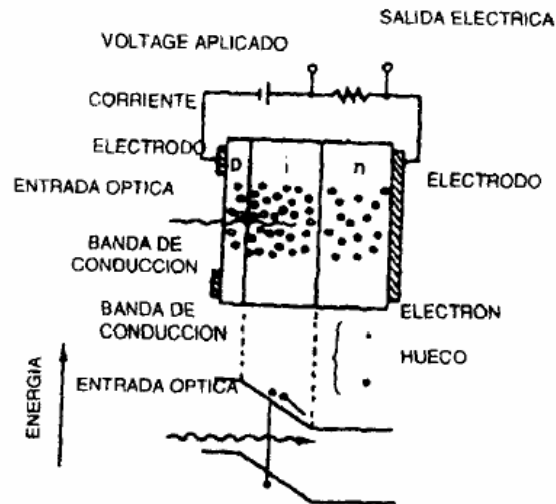


Figura 2.30 Principios de operación del APD y Niveles de Energía[5]

2.3 Conectores

En la actualidad hay un buen número de conectores de fibra óptica disponibles, a continuación se describen los tipos de conectores más habituales que se utilizan para terminar una fibra óptica:

ST.- Es un buen conector, popular para conexiones de fibra monomodo y multimodo, con unas pérdidas en promedio de 0.5 dB.

FC.- Se lo utiliza para fibra monomodo, es un buen conector y se lo conoce también como FC-PC. Tiene bajas pérdidas, con un promedio aproximado de 0.4 dB.

D4.- Este tipo de conector se usa principalmente para fibras monomodos.

SC.- Es un nuevo conector modular, de alta densidad. Tiene bajas pérdidas (por debajo de 0.5 dB) y es bastante común en instalaciones monomodo.

FDDI.- Este conector es el conector estándar de fibra óptica para FDDI. Es del tipo dúplex con llave, conectando dos fibras a la vez.

2.4 Empalmes

El empalme de fibra óptica es la técnica que se utiliza para unir permanentemente dos fibras ópticas en una conexión de bajas pérdidas. Esta conexión se puede realizar usando ya sea el método de empalme por fusión o el método de empalme mecánico.

2.4.1 El empalme por fusión

Proporciona la conexión de pérdidas más bajas. Para realizar el empalme de la fibra esta técnica utiliza un dispositivo denominado empalmadora de fusión, la cual alinea con precisión las dos fibras, generando un pequeño arco eléctrico para soldarlas y a la vez una chispa, la misma que puede causar una explosión en presencia de vapores inflamables.

2.4.2 El empalme mecánico

es una técnica alternativa de empalmado que no requiere una empalmadora de fusión. Utiliza un pequeño empalme mecánico, aproximadamente de 6 cm de largo y 1 cm de diámetro que une permanentemente las dos fibras ópticas. Un empalme mecánico es un conector de fibra pequeño que alinea dos fibras desnudas de manera precisa y que las asegura mecánicamente.

2.5 Ventajas y desventajas de la fibra óptica

2.5.1 Ventajas de la Fibra óptica

Gran capacidad. La fibra óptica tiene la capacidad de transmitir grandes cantidades de información. Con la tecnología presente se pueden transmitir 60.000

conversaciones simultáneas con dos fibras ópticas. Un cable de fibra óptica (2 cm de diámetro exterior) puede contener hasta 200 fibras ópticas, lo que incrementaría la capacidad del enlace a 6000.000 de conversaciones. En comparación con las prestaciones de los cables convencionales, un gran cable multipar puede llevar 500 conversaciones, un cable coaxial puede llevar 10.000 conversaciones y un enlace de radio por microondas o satélite puede llevar 2000 conversaciones.

Tamaño y peso. Un cable de fibra óptica tiene un diámetro mucho más pequeño y es más ligero que un cable de cobre de capacidad similar, haciendo a la fibra más fácil de instalar.

Interferencia eléctrica. La fibra óptica no se ve afectada por la interferencia electromagnética o interferencia de radio frecuencia y no genera por si misma interferencia.

Aislamiento. La fibra óptica es un dieléctrico. Las fibras de vidrio eliminan la necesidad de corrientes eléctricas para el camino de la comunicación. Un cable de fibra óptica propiamente dieléctrico no contiene conductores eléctricos y puede suministrar un aislamiento eléctrico normal para multitud de aplicaciones. Puede eliminar la interferencia causada por las corrientes a tierra o por condiciones potencialmente peligrosas originadas por descargas eléctricas en las líneas de comunicación, como los rayos o las faltas eléctricas. Es un medio intrínsecamente seguro que se utiliza a menudo donde el aislamiento eléctrico es esencial.

Seguridad. La fibra óptica ofrece un alto grado de seguridad. Una fibra óptica no se puede intervenir por medio de mecanismos eléctricos convencionales como conducción superficial o inducción electromagnética. Los rayos luminosos viajan por el centro de la fibra y pocos o ninguno pueden escapar.

Fiabilidad y mantenimiento. La fibra óptica es un medio constante y no envejece. Los enlaces de fibra óptica bien diseñados son inmunes a condiciones adversas de humedad y temperatura y se pueden utilizar incluso para cables subacuáticos. La fibra óptica tiene también una larga vida de servicio, estimada en más de treinta años para algunos cables.

El mantenimiento que se requiere para un sistema de fibra óptica es menor que el requerido para un sistema convencional debido a que se requieren pocos repetidores electrónicos en un enlace de comunicaciones; no hay cobre que se pueda corroer en el cable y que pueda causar la pérdida de señales o señales intermitentes; y el cable no se ve afectado por cortocircuitos, sobretensiones o electricidad estática.

Versatilidad. Los sistemas de comunicaciones por fibra son los adecuados para la mayoría de los formatos de comunicaciones de datos, voz y vídeo. Estos sistemas son adecuados para RS232, RS422, V35, Ethernet, Arnet, FDDI, T1,T2, T3, Sonet y muchos más.

Regeneración de la señal. La tecnología presente puede suministrar comunicaciones por fibra óptica más allá de los 70 Km (43 millas) antes de que se requiera regenerar la señal, la cual puede extenderse a 150 Km (93 millas) usando amplificadores láser.

2.5.2 Desventajas de la fibra óptica

Conversión electro-óptica. Antes De conectar una señal eléctrica de comunicación a una fibra óptica, la señal debe convertirse al espectro luminoso [850, 1.310 0 1.550 nanómetros (nm)]. Esto se realiza por medios electrónicos en el extremo del transmisor, el cual da un formato propio a la señal de comunicaciones y la convierte en una señal óptica usando un LED o un láser de estado sólido. A

continuación, esta señal óptica se propaga por la fibra óptica. En el extremo del receptor de la fibra óptica, la señal óptica se debe convertirse también en una señal eléctrica antes de poder ser utilizada. El coste de conversión asociado a la electrónica debería ser considerado en todas las aplicaciones.

Caminos homogéneos. Se necesita un camino físico recto para el cable de la fibra óptica. El cable se puede enterrar directamente, situar en tubos o disponer en cables aéreos a lo largo de caminos homogéneos. Esto puede requerir la compra o alquiler de la propiedad. Algunos derechos sobre el camino pueden ser imposibles de adquirir.

Para localizaciones como terrenos montañosos o algunos entornos urbanos pueden ser más adecuados otros métodos de comunicación sin hilos.

Instalación especial. Debido a que la fibra óptica es predominantemente vidrio de sílice, son necesarias técnicas especiales para la ingeniería e instalación de los enlaces. Ya no se aplican los métodos convencionales de instalación de cables de hilos como, por ejemplo, sujeción, soldadura y wire-wrapping.

También se requieren un equipamiento adecuado para probar y poner en servicio las fibras ópticas. Los técnicos deben ser entrenados para la instalación y puesta en servicio de los cables de fibra óptica.

Reparaciones. Un cable de fibra óptica que ha resultado dañado no es fácil reparar. Los procedimientos de reparación requieren un equipo de técnicos con mucha destreza y habilidad en el manejo del equipamiento. En algunas situaciones puede ser necesario reparar el cable entero.

Este problema puede ser aún más complicado si hay un gran número de usuarios que cuentan con dicho servicio. Es importante, por ello, el diseño de un sistema propio con rutas físicamente diversas, que permita afrontar tales contingencias.

Aunque pueden haber muchas ventajas que favorezcan una instalación de fibra óptica, deberán ser sopesadas cuidadosamente frente a sus desventajas en cada aplicación deberán ser analizados todos los costes de operación e implementación de un servicio de fibra óptica.

2.6 SDH

La jerarquía digital sincrónica, fue originalmente inventada por la Bellcore en EEUU, e inicialmente se la llamó red óptica síncrona (SONET: synchronous optical network). Bajo esta tecnología, todos los equipos están sincronizados con un reloj maestro único, la tasa de transmisión básica definida en la SDH es de 155.52 Mbps y se conoce como señal de módulo de transporte síncronico de nivel 1 o simplemente STM-1. También se han definido tasas más altas de STM-4 (622 Mbps) y STM-6 (2.4 Gbps).

En la jerarquía SONET con el término **señal de transporte síncrona** (STS: synchronous transport signal) o en ocasiones con el de **señal óptica** (OS: optical signal) se define al equivalente de una señal STM.

2.6.1 Evolución del SDH

Las primeras redes digitales fueron redes asíncronas. En las redes asíncronas, cada fuente de reloj interna de los elementos de red cronometra sus señales transmitidas. Como cada reloj tiene una cierta cantidad de variación, las señales que

llegan y se transmiten podrían tener una gran variación en el tiempo, el cual muchas veces resulta en bit de errores. SDH ha proveído redes de transmisión con independencia de los vendedores y una estructura de señal sofisticada que tiene un rico conjunto de características.

Esto ha resultado en una nueva aplicación, el desarrollo de nuevos tipos de equipos en nuevas topologías de red, y manejo por sistemas de funcionamiento de mucha mayor trascendencia que las otras que existían en las redes de transmisión.

2.6.2 Sonet

La necesidad de estándares ópticos llevó a la creación de redes ópticas síncronas (Sonet). Sonet estandarizó la tasa de líneas, codificó esquemas, jerarquizó tasas de bit, y funcionalidad de operación y mantenimiento.

Sonet también definió los tipos de elementos de red requeridos, arquitecturas de red que los vendedores podrían implementar, y la funcionalidad que cada nodo debe realizar.

Proveedores de red podrían ahora usar equipos ópticos de diferentes vendedores con la confianza de al menos la interoperabilidad básica.

2.6.3 Ventajas de SDH respecto de PDH

Existen muchas ventajas que ofrece la tecnología SDH respecto de PDH, las mismas que describen a continuación.

Tabla 2.7 Ventajas de SDH respecto de PDH.[7]

PDH	SDH
Es transmisión punto a punto	Es una red de telecomunicación
Manejo y mantenimiento de la red de manera manual	Mantenimiento y administración integrada de redes basadas en estructuras computarizadas
Baja capacidad de transporte	Alta capacidad de transporte
Interfaz no estándar	Interfaz estándar internacional
Cantidad de cables y puntos de conexión excesivas	Menor cantidad de equipos por enlace
Técnica de multiplexaje poco flexible	Estructura de trama modular, alta capacidad de transporte
Escasa disponibilidad en la trama para la gestión de la red	5% de la trama reservado para información de gestión
	Transporta cualquier tributario de los existentes hoy en día

2.6.4 Estructura del frame de SDH

El módulo de transporte sincrónico de primer nivel (STM-1) es la estructura numérica base del SDH, y a través de un proceso de multiplexación de intercalado de octetos se construyen los módulos de transporte sincrónico de nivel superior (STM-N).

2.6.4.1 STM-1

Al igual que en la PDH, la señal STM-1 se compone de un conjunto repetitivo de tramas que se repiten con un período de 125 μ s. El contenido de información de cada trama puede servir para transportar múltiples flujos PDH de 1.5, 2, 6, 34, 45 o 140 Mbps. Cada uno de estos flujos se transporta en un contenedor distinto que también contiene bits de relleno adicionales que permitirán variaciones en la tasa real. A esto se agrega cierta información de control denominada **gasto extra de camino**, con la cual los administradores de la red pueden vigilar de extremo a extremo la tasa de errores de bit del contenedor asociado.

En conjunto, el contenedor virtual y su gasto extra de camino constituyen un **contenedor virtual** (VC: virtual container), y una trama STM-1 puede contener varios VC del mismo tipo o de tipos distintos. De manera general, se puede decir que cada trama se compone de (Ver Fig. 2.31):

- Una Sección Overhead indicada con las siglas SOH que utiliza los 9 primeros bytes de cada hilera, excepto la cuarta, que normalmente es usada para la transmisión de la información de servicio.
- La Unidad Administrativa (AU-4), la cual consiste de un campo de 261x9 bytes más los 9 primeros bytes de la cuarta hilera del STM-1, en la cual se inserta la carga útil a transportar.

La Unidad Administrativa AU4 está compuesta de un contenedor virtual C4 donde se almacena la real carga útil y un POH que es una sobrecarga que almacena información del trayecto de los flujos.

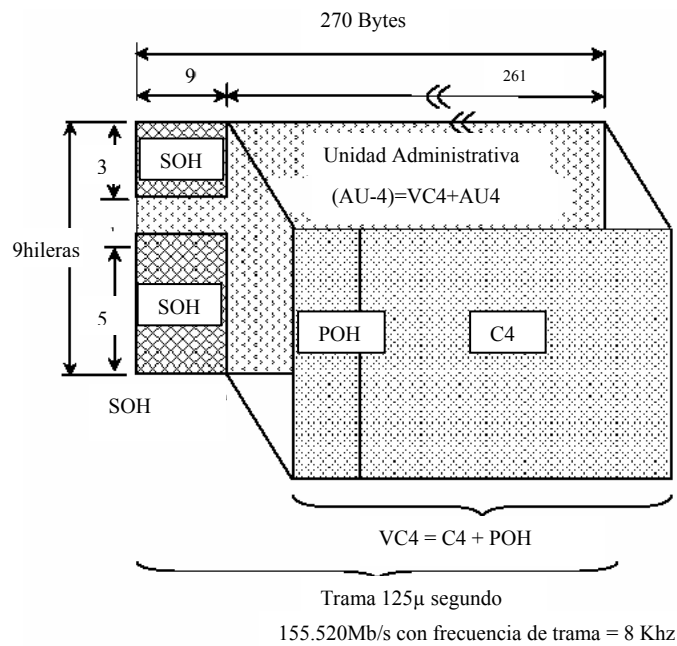


Figura 2.31 Estructura de la trama STM1 .[7]

Cada trama contiene información administrativa concerniente a cada una de sus partes constituyentes.

Una sección es solo un tramo de cable de transmisión. Ambos extremos del cable terminan en un equipo terminal de sección (STE: section termination equipment). Un ejemplo de un STE es un repetidor que regenera las señales ópticas que se transmiten por esta sección de cable. Una línea abarca múltiples secciones de cable y termina en un equipo de línea (LTE: line termination equipment).

Como ejemplo de LTE podemos citar los multiplexores y los nodos de conmutación. Un camino es un trayecto de transmisión de extremo a extremo a través del sistema de transmisión completo. Cada extremo del cable termina en equipo terminal de camino (PTE: path termination equipment).

2.6.5 Multiplexación

La señal de multiplex STM-N está compuesta de N señales AUG del tipo usado en STM-1 (AU-4) y de un bloque de $8 \times N \times 9$ SOH bytes (Fig. 3.3). Está formada por la intercalación en el sentido de los bytes de las señales N AUG. Esto produce una señal de N-tiempos de tasa de bit ($N = 4$ en STM-4, $N = 16$ en STM-16) con periodo de trama inalterado ($125 \mu\text{s}$). En esta señal de multiplex, el primer byte pertenece a la primera señal STM-1, el segundo byte a al segunda señal, etc. Con STM-4, el quinto byte entonces pertenece nuevamente a la primera señal STM-1, el sexto byte pertenece entonces de nuevo a ala primera señal y así sucesivamente.

Con STM-16, el 17 byte pertenece entonces de nuevo a la primera señal STM-1, EL 18° byte a al segunda señal etc.

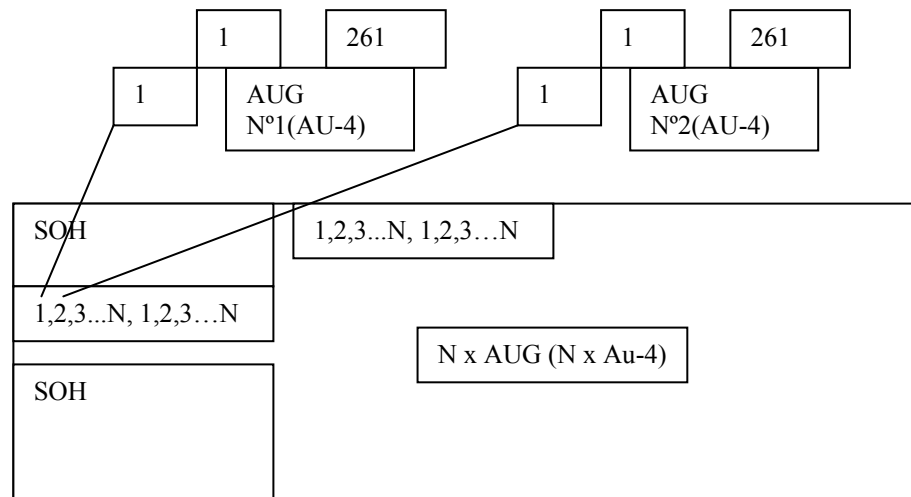


Figura 2.32 Multiplexación de N grupos de unidades administrativas AUG para formar una señal STM-N .[7]

2.6.6 Señales plesiócronicas

La jerarquía digital sincrónica también permite la transmisión de señales plesiócronicas. Con este propósito, se requiere un proceso de justificación siguiente para insertar las señales plesiócronicas en el contenedor (mapeo).

2.6.7 Tipos de topologías de red

La flexibilidad de SDH puede ser usada para tomar mayor ventaja de la red introduciendo una nueva topología de red. Las redes tradicionales hacen uso de los arreglos tipo maya (mesh) y estrella (hub), pero SDH, con la ayuda de los multiplexores DXC (cross connect) y hub, permite que estas sean usadas en una forma mucho más amplia. SDH también permite que estos arreglos sean combinados con anillos y cadenas de ADMs para mejorar la flexibilidad y confiabilidad del acceso a las áreas de una red. La Fig. 2.33 muestra los fragmentos básicos de una topología que puede ser combinada.

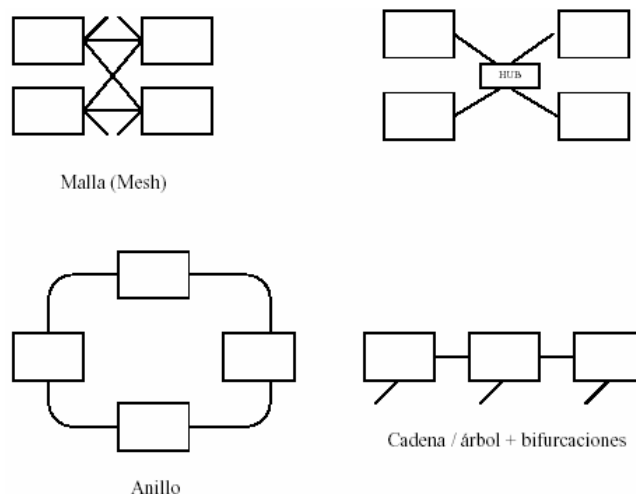


Figura 2.33 Fragmentos básicos de topología de red.[7]

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE BASES, NORMAS Y CRITERIOS DE LOS SERVICIOS DE LA RED ÓPTICA

3.1 Descripción del sistema eléctrico en el Oriente del país, línea 230Kv.

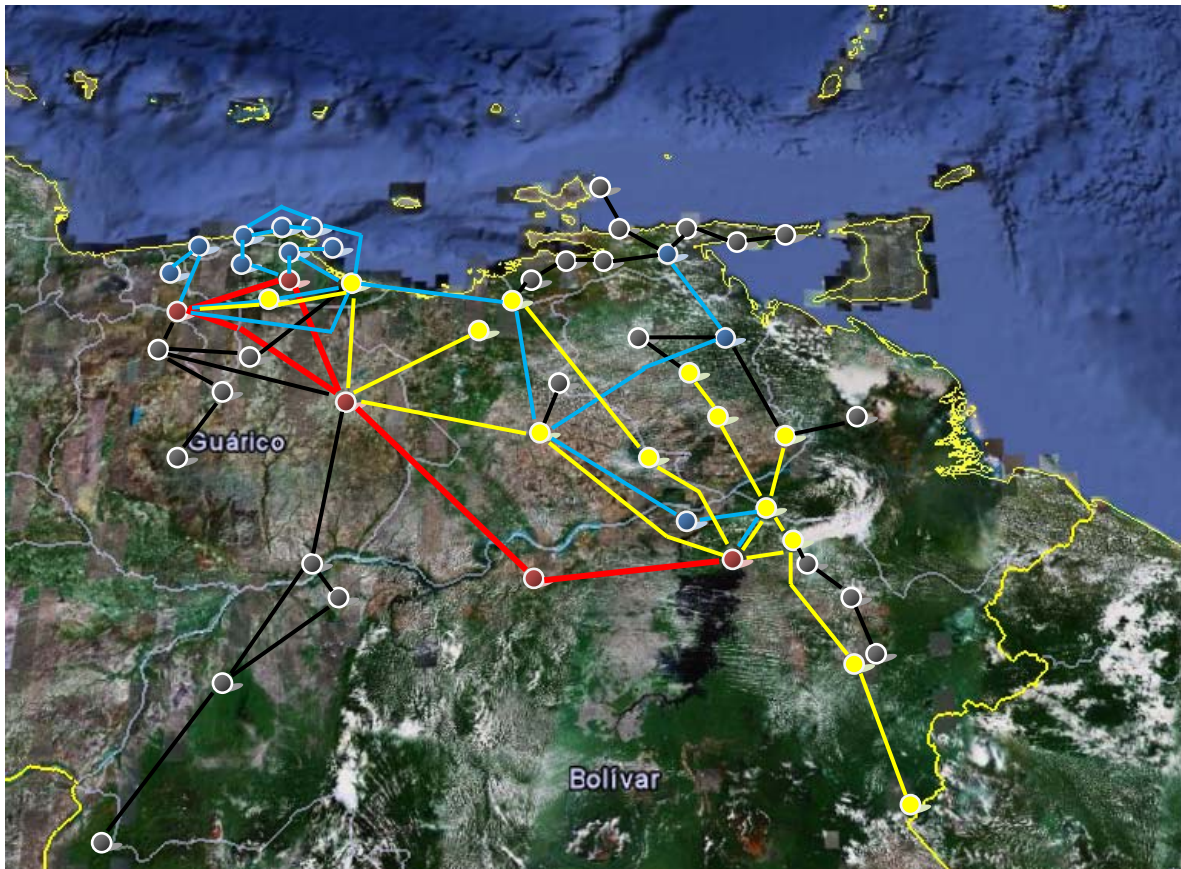
En la actualidad existen 950 kilómetros de líneas de transmisión según el sistema eléctrico nacional, que llevan energía al oriente del país, pertenecientes a las empresas nacionales de distribución de energía eléctrica; las cuales son utilizadas para transportar la energía que se genera en las centrales hidroeléctricas de Gurí, Caruachi y Macagua, hasta los centros de consumo.

La Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico (CADAFE) ha previsto la construcción de sistemas de transmisión a lo largo y ancho del territorio nacional, los cuales deben ser adecuados progresivamente de acuerdo a las exigencias de la demanda nacional y a las nuevas políticas sociales establecidas por el Estado.

El sistema de transmisión de oriente es uno de los cinco ejes dispuestos para suministrar energía eléctrica al país. Este sistema parte desde la subestación Guayana A, a 230/115 KV y se extiende hasta la subestación Barbacoa, pasando por la S/E Bolívar y S/E El Tigre. A su vez desde la subestación El Tigre salen dos líneas de 230 KV que llegan hasta la subestación Casanay en el estado Sucre, pasando previamente por la subestación El Indio.

De igual manera la subestación Casanay cuenta con un enlace de 230 KV (en construcción). Desde la subestación Guanta II en el estado Anzoátegui, siendo ésta la ruta de interconexión que formara parte del desarrollo de posteriores enlaces a lo largo del estado Sucre.

Dicho enlace llegara hasta la subestación Sucre dentro del complejo industrial Gran Mariscal de Ayacucho en la ciudad de Güiria y surtirá a dicha instalación y bifurcará en línea de 115KV a las poblaciones aledañas.



Leyenda	S/E	Circuitos Triples	Circuitos Dobles y Simples
765 KV	●	—	—
400 KV	●	—	—
230 KV	●	—	—
138/115 KV	●	—	—

Figura 3.1. Descripción del sistema eléctrico del Oriente del País.[21]

3.2 Descripción del sistema de telecomunicaciones de PDVSA en el Oriente del país.

PDVSA actualmente posee operaciones de extracción, exploración, producción y refinación prácticamente en todos los estados del oriente (Anzoátegui, Monagas, Nueva Esparta, Bolívar y recientemente el estado Sucre); como apoyo cuentan con un sistema de telecomunicaciones basado en un arreglo de red de microondas y fibra óptica que interconecta todas las sedes principales de los llamados distritos operacionales ubicados en dichos estados.

Esta red ha pasado por procesos de adecuación y actualización desde los inicios de sus instalaciones a fin de mantener la operatividad, confiabilidad y disponibilidad de los servicios de voz, vídeo y sistemas de control y automatización que rigen las operaciones de PDVSA.

En el caso del estado Sucre se cumple una condición muy particular puesto que históricamente PDVSA jamás realizó operaciones en dicha región, por lo que en la actualidad se provee los servicios de conexión en las distintas sedes mediante el uso en convenio con la Dirección de Comunicación de la Fuerza Armada Nacional (DICOFAN) de la red militar de microondas existente a lo largo del Estado Sucre.

En la siguiente figura se muestra detalladamente el sistema de telecomunicación existente en el oriente del país por parte de PDVSA, así como también la dependencia eléctrica que satisface a esta parte del territorio nacional.

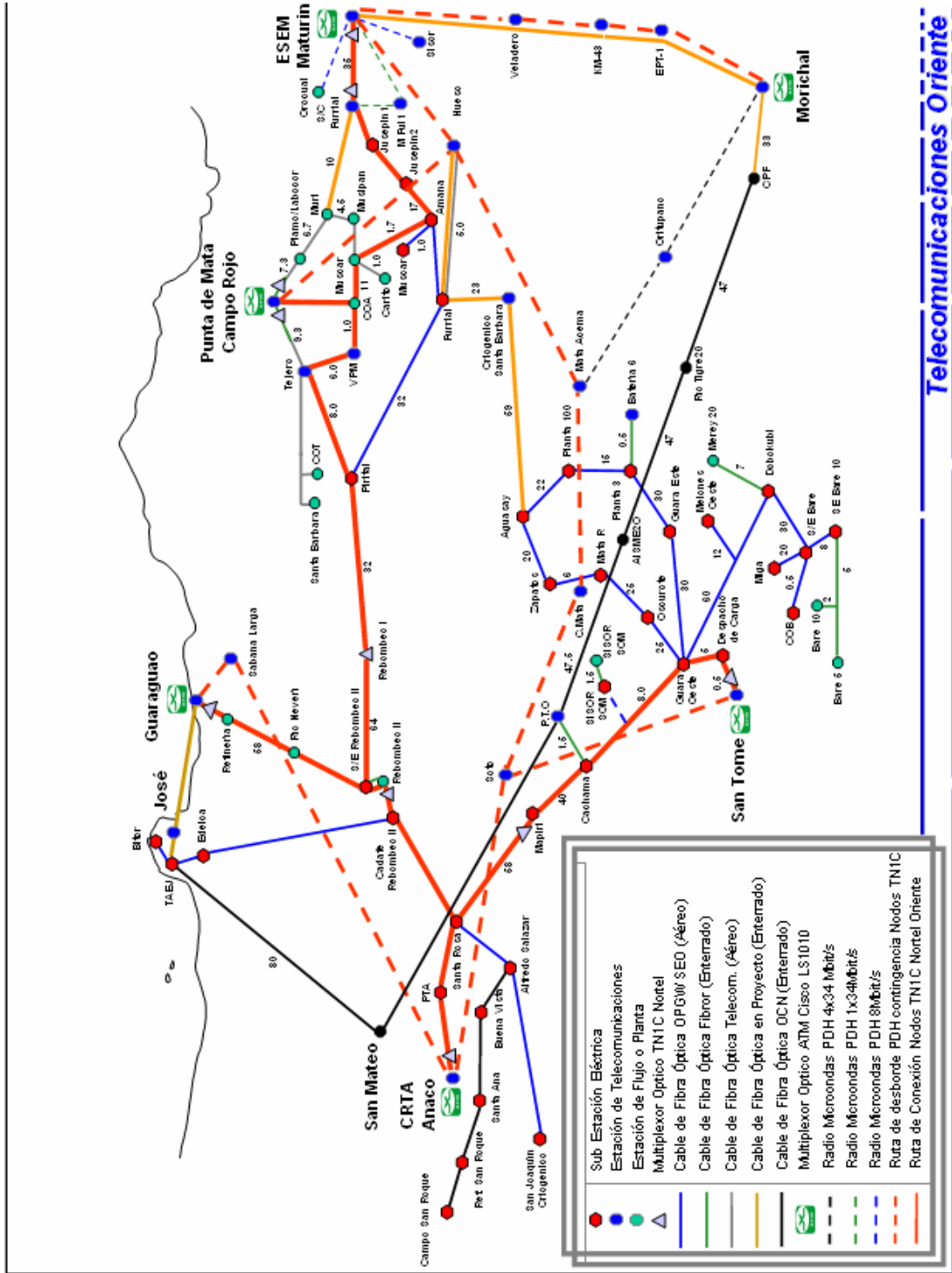


Figura 3.2. Sistema de telecomunicaciones de PDVSA en el Oriente del país.[22]

3.3 Descripción del sistema de telecomunicaciones en el Estado Sucre - PDVSA.

PDVSA cuenta en el estado Sucre con los siguientes distritos operacionales.

- Cumaná: siendo esta ciudad la ubicación principal administrativa de la División EyP Costa Afuera
- Carupano: principal distrito operacional de actividades costa afuera asociada a la producción de gas.
- Güiría: sede principal para la construcción del Complejo Industrial Gran Mariscal de Ayacucho (CIGMA), quien será el encargado de recibir el gas proveniente de costa afuera, tratarlo, depurarlo y enviarlo al resto del país.

Todos estos distritos se interconectan entre si por medio de enlaces ramales que parten desde los sitios de repetición correspondientes a la red de microondas del DICOFAN. Dicha red cuenta con las siguientes estaciones de telecomunicaciones dentro del estado sucre: Arrojata, Mojina, Campeare, Pacholi y Güiría. En la siguiente figura se muestra la interconexión de estos sitios.

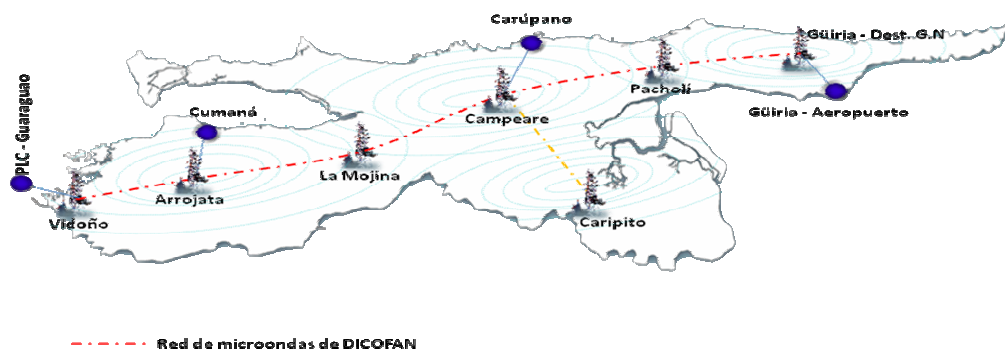


Figura 3.2 Sistema de comunicación actual de PDVSA a través de enlaces microondas [23]

Como consecuencia del alto nivel de obsolescencia existentes en los equipos y sistemas de la red del microondas del DICOFAN, PDVSA EyP Costa Afuera ha venido realizando inversiones de adecuación y mejoramiento en las casetas, torres, sistemas de energía, sistema de respaldo, iluminación, protección perimetral, etc. en las referidas estaciones; enmarcados dentro de los alcances y acuerdos establecidos en el convenio DICOFAN - PDVSA.

Como parte de los proyectos de actualización y adecuación tecnológica de la red de telecomunicaciones del estado Sucre, se contempla la adquisición e instalación de nuevo equipamiento y rutas alternas de contingencias que permitan consolidar un sistema troncal de transporte propio de PDVSA en la región, el cual permita a su vez utilizarse como ruta adicional de contingencia a los distintos cuerpos de seguridad del estado y empresas estatales que prestan servicios en los distritos operacionales.

Como parte del plan de desarrollo establecido por PDVSA EyP Costa Afuera en el estado Sucre, la industria ha establecido diversos convenios de cooperación y colaboración mutua con varias empresas del estado (GUARDIA NACIONAL, ARMADA VENEZOLANA, CANTV, CADAFFE, etc.) a fin de unificar esfuerzos y recursos orientados al mejoramiento de la calidad de los servicios prestados a las poblaciones, ciudades y caseríos de la región sucrense. En el caso del sector eléctrico, EyP Costa Afuera ha establecido un convenio con la empresa CADAFFE.

En el estado Sucre; PDVSA no posee una Red de Radio Movil Operativa Troncalizada para sus operaciones, por lo cual provee el servicio a través de terceros (sistemas alquilados). Se contempla en el mediano plazo el desarrollo de un sistema propio basado en tecnología TETRA (Terrestrial Trunked Radio).

3.4 Condiciones ambientales y geográficas.

Las consideraciones ambientales y geográficas influyen directamente en la construcción y mantenimiento de la infraestructura y equipos que se instalaran a lo largo del recorrido de la línea de 230KV por la cual cursa la fibra óptica.

El tipo climático de la zona es tropical de sabana con dos períodos definidos, secos entre diciembre - marzo y lluviosos el resto del año. La precipitación anual oscila entre 600 y 1.500 mm lo cual condiciona una vegetación predominantemente herbácea. La temperatura media a nivel del mar 26.4°C, la variación norte-sur a nivel del mar es insignificante. El gradiente térmico por variación de la altura, si bien es ligeramente variable, según la exposición de los vientos predominantes, es aproximadamente de 0,6°C por cada 100m de desnivel.

Tabla 3.1 Condiciones ambientales.[23]

Temperatura media (°C) : 27,6
Temperatura máxima (°C): 32
Temperatura mínima (°C): 22,5
Presión atmosférica a nivel del mar (mb): 1012
Humedad relativa media (%): 72,5
Precipitación total de lluvia (mm): 25
Visibilidad media (Km): 14
Velocidad media del viento (Km/h): 13
Velocidad máxima sostenida del viento (Km/h): 25

Con relación a los suelos en esta área son del tipo Orden Inceptisols; son suelos jóvenes, con débil a moderada alteración de los materiales que lo constituyen, por lo que conservan algunas semejanzas con el material parental que les

ha dado origen, el cual es muy resistente. Estos suelos poseen una compleja composición mineral; contienen agua disponible más de la mitad del año y durante más de tres meses consecutivos de estación cálida. Corresponden a climas húmedos con poco o ninguna deficiencia de agua en la estación de crecimiento de las plantas. Todos estos puntos determinantes para el sistema de aterramiento de cada cuarto de comunicación a ser instalado.

3.5 Lineamientos del Estado frente al convenio PDVSA – CADAPE

Los principios de cooperación y colaboración previsto en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela y desarrollados en la Ley Orgánica de Administración Pública, según los cuales los órganos de la Administración Pública colaborarán entre si en la realización de los fines del Estado y en el marco de la Nueva Etapa, el Nuevo Mapa Estratégico, el cual cita: “*Continuar instalando la nueva estructura territorial*”.

En este sentido, el convenio firmado entre ambas empresas busca como fin único: adecuar los planes de inversión de PDVSA y el sector eléctrico nacional a las necesidades de los ejes y polos de desarrollo descritos anteriormente. En este sentido, se propone incorporar como nuevo polo de desarrollo al estado Sucre, apuntalado mediante el Complejo Industrial Gran Mariscal de Ayacucho (CIGMA).

CADAPE y PDVSA como empresas del estado venezolano están comprometidas con las grandes líneas del Proyecto Nacional Simón Bolívar, especialmente en lo social, en lo económico y en lo territorial para la construcción de la infraestructura necesaria para elevar la calidad de vida de los venezolanos que habitan la región oriental del país.

3.6 Objetivos del convenio PDVSA – CADAFE

En el marco del desarrollo de las actividades cooperativas, el presente convenio tiene por objeto establecer los términos generales y compromisos de CADAFE y PDVSA para el financiamiento, suscripción de acuerdos específicos, diseño y construcción de las obras de infraestructura eléctrica de transmisión y distribución requeridas para el suministro de la energía eléctrica para los desarrollos petroleros y gasíferos Costa Afuera, Delta Caribe Oriental y Exploración y Producción Oriente, incluyendo las instalaciones del proyecto CIGMA, así como aquellas obras requeridas para mejorar la red eléctrica de CADAFE que atiende a las comunidades adyacentes al referido proyecto en los estados Sucre, Monagas, Anzoátegui, Delta Amacuro y Nueva Esparta.

3.7 Alcance de PDVSA Y CADAFE frente al convenio:

- Proporcionar los recursos financieros para las obras de transmisión y distribución.

- Definir el alcance y costo de las obras de infraestructura eléctrica indicadas.

- Ejecutar todas las actividades complementarias necesarias para coadyuvar en la realización de lo contemplado en los puntos indicados anteriormente.

3.8 Normativas de los órganos frente al convenio:

3.8.1 Obligaciones de PDVSA:

- Asegurar los recursos financieros y los cargos presupuestarios que se requiere para la ejecución de la obra.

- Actualizar todos los cronogramas de toma de carga de los desarrollos petroleros y gasíferos Costa Afuera, Delta Caribe Oriental y Exploración Y Producción Oriente, incluyendo las instalaciones del proyecto CIGMA en sus diferentes etapas, e informar oportunamente a CADAFE sobre las modificaciones del mismo.

- Cooperar con CADAFE en las gestiones para la obtención de todas las autorizaciones nacionales, estatales y municipales, así como en los aspectos logísticos necesarios para la ejecución y puesta en funcionamiento de la Obra.

- Pagar las valuaciones de las contratistas encargadas de la ejecución de a Obra, previamente conformadas por CADAFE dentro de los plazos establecidos con anticipación en las cláusulas de pagos.

- Presentar los presupuestos base, en aquellos procesos de licitación que iniciara CADAFE con motivo del presente Convenio.

- Efectuar la procura de los equipos mayores requeridos, una vez sean definidos por CADAFE.

3.8.2 Obligaciones de CADAFE

- Poner en marcha los estudios de factibilidad, anteproyectos y proyectos de instalación, ejecución y puesta de servicio de la Obra, que aseguren la calidad y confiabilidad de la red eléctrica que atenderá tanto los desarrollos petroleros y gasíferos Costa afuera, Delta Caribe oriental y Exploración y Producción Oriente, incluyendo las instalaciones del proyecto CIGMA, así como a las comunidades aledañas.
- Ejecutar todas las gestiones y movimientos para lograr la obtención de las permisologías y autorizaciones nacionales, estatales y municipales necesarias para la ejecución de la obra.
- Utilizar todos los criterios de diseño que aseguren la viabilidad de la Obra, tanto en los términos de confiabilidad de la red eléctrica, como en costos de inversión.
- Abrir los procesos de selección de contratistas y realizar las contrataciones respectivas de acuerdo a la ley de licitaciones vigente a los efectos de la ejecución de la Obra, una vez asegurada la disponibilidad de los recursos financieros a ser entregados por parte de PDVSA.

- Mantener un estatus de la Obra, revisar y confirmar la normal ejecución en el tiempo establecido.

- Administrar, operar y mantener la obra en su carácter de propietario de la misma.

3.9 Aportes de los órganos

Para dar cumplimiento con todas las obras propuestas en el convenio tanto PDVSA como CADAFE se comprometen a realizar los siguientes aportes:

- PDVSA se compromete a brindar todo el apoyo financiero para la buena ejecución de las obras para así asegurar en su totalidad el tiempo necesario para culminarlas.

- CADAFE se compromete una vez culminada la Obra, asegurar la disponibilidad de los recursos financieros que permitan administrar y operar los nuevos activos; y ejecución de los mantenimientos anuales de los mismos según los estándares que rigen dicha materia.

Quedando entendido por Las Partes que los recursos entregados por PDVSA serán considerados como compra de energía por adelantado y reembolsados a PDVSA por parte de CADAFE, a través de un descuento de un cincuenta por ciento (50%) en la facturación mensual por suministro de energía eléctrica.

3.10 Aseguramiento del suministro eléctrico.

Como premisa para el buen funcionamiento de La Obra en materia de energía eléctrica y así garantizar la confiabilidad de las operaciones, CADAFE deberá cumplir con las siguientes características y especificaciones de servicio a las plantas compresoras de PDVSA:

Tabla 3.2 Características del sistema eléctrico a suministrar [21]

Variación de Tensión	$\pm 5\%$
Variación de Frecuencia	$\pm 0.5\%$
Disponibilidad	99.98%
Factor de potencia mínimo de las plantas	90%

3.11 Visión de la demanda de energía eléctrica por parte de los proyectos Nororientales.

Según análisis realizados por parte de CADAFE en cuando a las necesidades y obras a instalarse en el oriente del país, se ha tomado medida en cuanto al otorgamiento sucesivo de carga eléctrica a medida que se vayan culminando las obras proyectadas. En la siguiente figura se muestra las etapas formuladas depende de los tiempos estimados de finalizaciones y puesta en marcha de las obras.

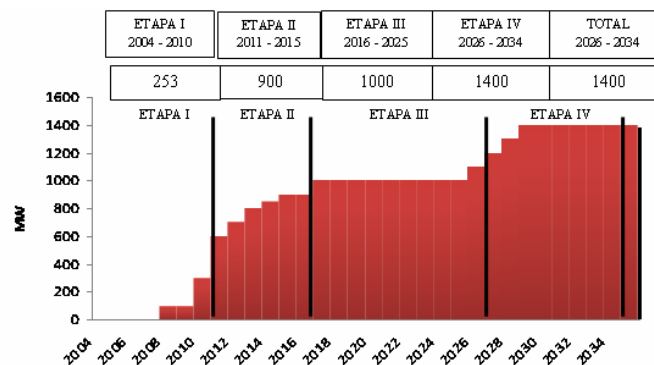


Figura 3.4 Cronograma de Carga Eléctrica a suministrar por CADAFE para el Oriente del País [21]

3.12 Normas y criterios aplicables

Las normas seleccionadas de manera resumida son aquellas que ayudaran al fortalecimiento y ejecución de los servicios en materia de seguridad y comunicación. Dichas normas deberán ser estudiadas por parte de los órganos involucrados, así como de la contratista a ganar licitación, siendo la última que realice su análisis para la adquisición y la instalación de la fibra óptica cursante a lo largo del tendido de 230Kv dispuesto para el suministro de energía eléctrica del Complejo Gran Mariscal de Ayacucho.

3.12.1 Normas Nacionales

COVENIN 734. Código Nacional de seguridad en instalaciones de suministro de energía eléctrica y de comunicación. “El propósito de estas reglas es cubrir los requisitos de seguridad para las personas durante la construcción, operación o mantenimiento de las instalaciones de suministro de energía eléctrica, de comunicaciones y sus equipos asociados. Estas reglas contienen las previsiones básicas que se consideran necesarias para la seguridad de los empleados y el público, bajo las condiciones especificadas (...).”

C.E.N. (COVENIN 200) Código Eléctrico Nacional.

3.12.2 Normas internacionales

UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES – SECTOR DE NORMALIZACIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES (UIT-T)

Reglón G. Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales.

G.655 (03/06)

Características de fibras y cables ópticos monomodo

G.662(07/05)	Características genéricas de los dispositivos y subsistemas de amplificadores ópticos
G.664 (03/06)	Procedimientos y requisitos de seguridad óptica para sistemas ópticos de transporte
G.671 (01/09)	Características de transmisión de los componentes y subsistemas ópticos
G.702 (11/88)	Velocidades binarias de la jerarquía digital
G.703 (11/01)	Características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas
G.709 (12/06)	Interfaces para la red óptica de transporte
G.774(02/01)	Jerarquía digital síncrona - Modelo de información de gestión desde el punto de vista de los elementos de red
G.781 (09/08)	Funciones de capas de sincronización
G.783 (03/06)	Características de los bloques funcionales del equipo de la jerarquía digital síncrona
G.784 (03/08)	Aspectos de gestión de la jerarquía digital síncrona (SDH) Elemento de red de transporte
G.803 (03/00)	Arquitectura de redes de transporte basadas en la jerarquía digital síncrona

Reglón H Sistemas audiovisuales y multimedia.

H.323 (06/06)	Sistemas de comunicación multimedia basados en paquetes
---------------	---

H.332 (09/98)	Recomendación H.323 ampliada para conferencias de bajo grado de acoplamiento
H.460.3 (11/02)	Mapas de circuitos en sistemas H.323

Reglón K Protección contra las interferencias.

K.25 (02/00)	Protección de los cables de fibra óptica
K.26 (04/08)	Protección de las líneas de telecomunicación contra los efectos perjudiciales de las líneas de energía eléctrica y de las líneas ferroviarias electrificadas
K.27 (05/96)	Configuraciones de continuidad eléctrica y puesta a tierra dentro de los edificios de telecomunicación
K.29 (01/92)	Sistema de protección coordinada para cables de telecomunicación subterráneos
K.35 (05/96)	Configuraciones de continuidad eléctrica y puesta a tierra en instalaciones electrónicas distantes

Reglón L. Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior.

L.1 (11/88)	Construcción, instalación y protección de los cables de telecomunicación en redes públicas
L.3 (11/88)	Armadura de los cables
L.10 (12/02)	Cables de fibra óptica para aplicaciones en conductos y galerías
L.12 (03/08)	Empalmes de fibra óptica
L.14 (07/92)	Método de medidas para determinar la resistencia

	mecánica a la tracción en cables de fibra óptica sometidos a cargas mecánicas
L.25 (10/96)	Mantenimiento de redes de cables de fibra óptica
L.31 (10/96)	Atenuadores de fibra óptica
L.36 (01/08)	Conectores de fibra óptica monomodo
L.38 (09/99)	Utilización de las técnicas de tendido sin zanja en la construcción de infraestructuras subterráneas para la instalación de cables de telecomunicación
L.35 (10/98)	Instalación de cables de fibra óptica en la red de acceso

NORMAS IEEE

IEEE STd-142 (2007)	Recomendaciones prácticas para la instalación de sistema de aterramiento industrial y comercial.
---------------------	--

AMERICAN NATIONAL STANDARDS / INSTITUTE TELECOMINCATIONS INDUSTRY ASSOCIATIONS / ELECTRONICS INDUSTRIES ASSOCIATIONS (ANSI/TIA/EIA)

ANSI/TIA/EIA -568 ^a	Alambrado de Telecomunicaciones para Edificios Comerciales
ANSI/TIA/EIA-569	Rutas y Espacios de Telecomunicaciones para Edificios Comerciales.
ANSI/TIA/EIA-606	Administración para la Infraestructura de Telecomunicaciones de Edificios Comerciales.
ANSI/TIA/EIA-607	Requerimientos para Telecomunicaciones de Puesta a Tierra y Puenteado de Edificios Comerciales

TIA 455	Especificaciones del cable de fibra óptica
NORMAS IEC – (<u>INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION</u>)	
IEC 60794-1-3	Procedimientos de pruebas utilizados para establecer criterios uniformes para las propiedades de geometría, transmisión, materiales, mecánicas, de envejecimiento, y climáticas de cables de fibra óptica.
IEC 60793-2-50	Cables de fibra óptica utilizados en equipos de transmisión de información.
IEC 60304	Colores estándar para aislamiento en cables de baja frecuencia
IEC 60811-4-1/2	Materiales de aislamiento y forro de cables ópticos y eléctricos
IEC 60811-5-1	Métodos de pruebas comunes para materiales de aislamiento y forro de cables eléctricos.
IEC 331	Características de resistencia al fuego de cables eléctricos.
IEC 60721-3-0	Clasificación de condiciones ambientales- Parte 3: Clasificación de grupos de parámetros ambientales y su severidad.
NORMAS PDVSA:	
PDVSA N-201	Especificaciones de Ingeniería Obras Eléctricas.
N-252	Especificación general para el diseño de ingeniería eléctrica
PDVSA 90619.1.091	Manual de Ingeniería de Diseño, Guía de Ingeniería, Puesta a Tierra.

PDVSA Si-S-04	Requisitos de Seguridad, Higiene y Ambiente en el Proceso de Contratación.
PDVSA So-S-16	Identificación y Notificación de Riesgos Asociados con instalaciones y Puestos de Trabajos.
PDVSA Ir-S-04	Guía para la Elaboración de Permisos de Trabajo.
PDVSA SI-S-11	Medidas por Incumplimiento o Inobservancia de Normas o Condiciones en Materia de Seguridad, Higiene y Ambiente

CAPÍTULO IV

SISTEMA DE PUESTA TIERRA

La mayoría de los sistemas eléctricos necesitan ser aterrados. Anteriormente la estática se descargaba por una conexión a una placa que estaba en contacto con la masa general de la tierra. Esta práctica ha continuado y se ha desarrollado progresivamente, de modo que tales conexiones a tierra se encuentran en casi todos los puntos en un sistema eléctrico. Esto incluye la estación generadora, las líneas y los cables que distribuyen la energía eléctrica y los locales en los cuales se utiliza. La necesidad de esta conexión se considera sagrada por las legislaciones. Por ejemplo en las normas internacionales, como la unión internacional de telecomunicaciones (UIT) que en su renglón K expone todo lo referente en cuanto a protección contra la interferencia.

Aún cuando la puesta a tierra constituye una parte intrínseca de un sistema eléctrico, permanece en general como un tema mal comprendido y a menudo se refiere a él como un “arte oscuro”, algunas veces incluso por bien calificados ingenieros. En los años recientes existen rápidos desarrollos en cuanto a modelos de sistemas de puesta a tierra, tanto a bajas frecuencias como a altas frecuencias, principalmente facilitados por los nuevos recursos y procedimientos computacionales. Esto ha incrementado la comprensión del tema, al mismo tiempo que la actividad de diseño ha llegado a ser significativamente más difícil y las nuevas normas están requiriendo un diseño seguro y más detallado.

Por puesta a tierra generalmente entendemos una conexión eléctrica a la masa general de la tierra, siendo esta última un volumen de suelo, roca etc., cuyas dimensiones son muy grandes en comparación al tamaño del sistema eléctrico que está siendo considerado.

La definición de la IEEE de puesta a tierra es:

“Tierra (sistema de tierra). Una conexión conductora, ya sea intencional o accidental, por medio de la cual un circuito eléctrico o equipo se conecta a la tierra o a algún cuerpo conductor de dimensión relativamente grande que cumple la función de la tierra”.

Es importante mencionar ciertas razones que más frecuentemente se citan para tener un sistema bien aterrado:

- Proporcionar una impedancia suficientemente baja para facilitar la operación satisfactoria de las protecciones en condiciones de falla.
- Asegurar que seres vivos presentes en los alrededores de las subestaciones no queden expuestos a potenciales inseguros, en régimen permanente o en condiciones de falla.
- Mantener los voltajes del sistema dentro de límites razonables bajo condiciones de falla (tales como descarga atmosférica, ondas de maniobra o contacto inadvertido con sistemas de voltaje mayor), y asegurar que no se excedan los voltajes de ruptura dieléctrica de las aislaciones.
- Limitar el voltaje a tierra sobre materiales conductivos que circundan conductores equipos eléctricos.

Otras razones citadas menos frecuentemente, incluyen:

- Estabilizar los voltajes fase a tierra en líneas eléctricas bajo condiciones de régimen permanente, por ejemplo, disipando cargas electrostáticas que se han generado debido a nubes, polvo, agua, nieve, entre otros.
- Una forma de monitorear la aislación del sistema de suministro de potencia. Para eliminar fallas a tierra con arco eléctrico persistente.
- Para asegurar que una falla que se desarrolla entre los enrollados de alto y bajo voltaje de un transformador pueda ser manejada por la protección primaria.
- Proporcionar una trayectoria alternativa para las corrientes inducidas y de tal modo minimizar el “ruido” eléctrico en cables.
- Proporcionar una plataforma equipotencial sobre la cual pueda operar equipo electrónico.

Cada criterio del sistema de puesta tierra a ostentar a continuación tiene sus cimientos en el Manual de Ingeniería de Diseño de CADAFE, Guía de Ingeniería de Puesta a Tierra de PDVSA 90619.1.091, Normas Internacionales como la American National Standards / Institute Telecommunications Industry Associations / Electronics Industries Associations / Institute of Electrical and Electronics Engineers

(ANSI/TIA/EIA/IEEE) en sus secciones ANSI/TIA/EIA-607 y IEEE STd-142 (2007).

4.1 Sistema de puesta a tierra para telecomunicaciones.

En los sistemas de comunicaciones es común la presencia de descargas atmosféricas las cuales puede ingresar a las instalaciones a través de diversos medios, por impacto directo o por corrientes inducidas. Esta energía busca su propio camino para llegar a tierra utilizando conexiones de alimentación de energía eléctrica, de voz y de datos, produciendo acciones destructivas ya que se supera el aislamiento de dispositivos tales como plaquetas, rectificadores, entre otros. Para evitar estos efectos, se deben instalar dispositivos de protección coordinados que para el caso de sobretensiones superiores a las nominales, formen un circuito alternativo a tierra, disipando dicha energía.

A través de un sistema de puesta a tierra apropiado que asegure una capacidad de disipación adecuada. Finalmente otra fuente importante de disturbios son las redes de energía eléctrica, debido a la conmutación de sistemas y grandes cargas inductivas.

Un Sistema de Puesta a Tierra para los sistemas de comunicaciones debe ofrecer un camino seguro para las descargas de corrientes de fallas, descargas de rayos, descargas estáticas y señales de interferencia electromagnética y radiofrecuencia (EMI y RFI).

Un Sistema de Puesta a Tierra coordinado, debe reducir fundamentalmente la posibilidad de que aparezcan tensiones importantes entre elementos metálicos adyacentes.

No obstante, es necesario tomar medidas suplementarias, (protectores, descargadores, dispositivos activos de supresión de transitorios, etc.), en todo lo que esté referido a cables, conexiones y posibles vías de ingresos de transitorios que pueden provocar daños en forma parcial o total de los equipos. Por ejemplo la distribución de energía en alterna, líneas telefónicas, datos, tramas, cables coaxiales, multipares, entre otros.

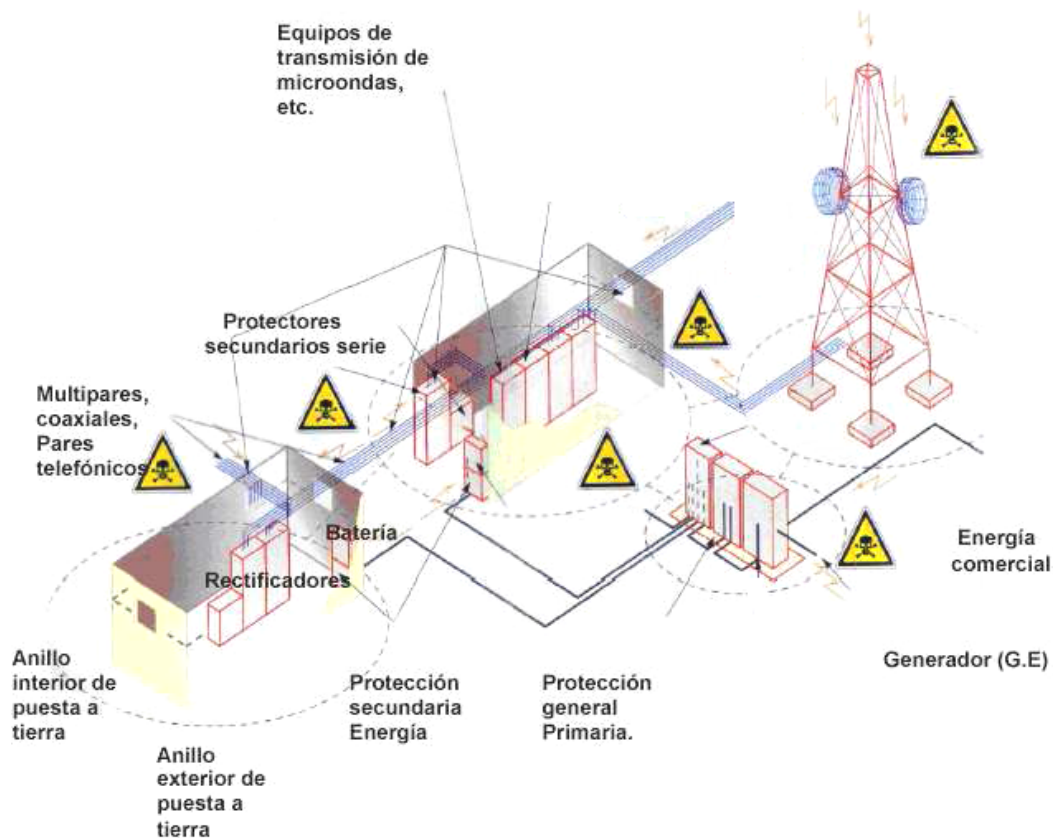


Figura 4.1: Sistema de puesta a tierra para un centro de telecomunicaciones [8]

4.2 Resistividad y tipo de terreno

De acuerdo a procedimientos físicos establecidos, la resistencia ohmica es posible determinarla teóricamente, por medio de la formula:

$$R = \frac{R_o \times l}{A}$$

Sin embargo, para el caso de medir la resistencia del terreno de un sistema, no es posible aplicar directamente esta expresión, debido a que la resistividad del suelo no es uniforme y tiene múltiples variantes de acuerdo a las capas heterogéneas que lo componen.

La resistividad de la tierra en su conjunto puede variar entre 20 $\Omega \cdot m$ hasta 20000 $\Omega \cdot m$ dependiendo de las características propias del terreno. Debido a esto, las mediciones de la resistividad del terreno se realizan mediante la utilización de un instrumento diseñado especialmente para tal efecto, llamado Terrómetro. Este instrumento, tiene un rango de medición de 0,1 a 999 Ω y consta de 4 estacas de acero de 25 cm. de largo y 2 cm de diámetro, las cuales son enterradas directamente al suelo, y conectadas al instrumento a través de cables de cobre de 2mm de diámetro y 20m de largo como accesorio o más.

La resistividad del terreno se define como la resistencia que presenta 1 m³ de tierra, y resulta de un interés importante para determinar en donde se puede construir un sistema de puesta a tierra. En la resistividad del terreno influyen varios factores que pueden variarla, entre los más importantes se encuentran: naturaleza del terreno, humedad, temperatura, salinidad, estratigrafía, compactación y las variaciones estacionales.

Uno de los factores mas importantes que afecta la impedancia del sistema de tierra es la impedancia del medio en el cual está situado el electrodo, es decir, el terreno. La resistividad del terreno se expresa en [Ohm-metro]. Algunos valores típicos se dan en la siguiente tabla:

Tabla 4.1 Valores típicos de resistividad de algunos terrenos[13]

Valores Típicos de resistividad de diferentes suelos			
Tipo	Resistividad (ohm - metro)		
Agua de mar	0.1	-	1
Tierra Vegetal/arcilla húmeda	5	-	50
Arcilla, arena y grava	40	-	250
Creta (Tiza) porosa	30	-	100
Piedra caliza cristalina	300	+	
Roca	1000	-	10000
Roca Ígnea	2000	+	
Concreto seco	2000	-	10000
Concreto húmedo	30	-	100
Hielo	10000	-	100000

Los dos factores principales que afectan el valor de resistividad del suelo son la porosidad del material y el contenido de agua. Porosidad es un término que describe el tamaño y número de huecos dentro del material, lo cual está relacionado con su tamaño de partícula y diámetro del poro. Varía entre 80/90% en el sedimento de lagos, hasta 30/40% en el caso de arena y arcilla no consolidada y menos en piedra caliza consolidada.

Es muy poco frecuente encontrar terreno que puede describirse como terreno uniforme para propósitos de puesta a tierra. Se utiliza el terreno hasta una cierta profundidad, que corresponde a aquella hasta la cual pueden fluir las corrientes de falla a tierra. Puede ser una delgada capa de terreno superficial, si hay capas de rocas mas abajo. Cada capa de roca sucesiva puede tener menos grietas, sean mas sólidas en donde se espera una resistividad mayor. Si un electrodo se instala en la superficie,

entonces la distancia, espesor y resistividad real de cada una de las capas serán factores importantes que afectan el valor de su resistencia a tierra.

La temperatura y el contenido de agua tienen una influencia importante en la resistividad del terreno y luego en el comportamiento del sistema de tierra. Un incremento en el contenido de agua provoca una reducción drástica de la resistividad, hasta alcanzar un 20% del nivel original cuando el efecto tiende a estabilizarse. Minerales y sales disueltas en el agua pueden ayudar a reducir aún más la resistividad, particularmente cuando estas están produciéndose en forma natural y no terminan diluyéndose en el tiempo.

El contenido de agua varía estacionalmente y es probable que origine variaciones en la impedancia del sistema de tierra.

4.3 Medida de resistividad del terreno

Es importante que la resistividad pueda verificarse en forma tan precisa como sea posible, ya que el valor de resistencia a tierra del electrodo es directamente proporcional a la resistividad del suelo. Si se usa un valor incorrecto de la resistividad del terreno en la etapa de diseño, la medida de impedancia del sistema de tierra puede resultar significativamente diferente de lo planeado.

La prueba se realiza tradicionalmente usando un medidor de tierra (terrometro) de cuatro terminales. Cuatro estacas se clavan en el suelo como se muestra en el diagrama, separadas una distancia a metros. La profundidad de cada estaca se trata de que no exceda a a dividido por 20 y normalmente es inferior a 0,3 metros. Las dos estacas exteriores se conectan a los terminales de corriente C1 y C2 del instrumento y las estacas interiores, a los terminales de potencial P1 y P2.

Es importante asegurarse que las estacas de prueba no están insertadas en línea con cables o tuberías metálicas enterradas, ya que estos introducirán errores de medida.

El procedimiento de medición y montaje lo analizaremos más adelante. Para realizar eficazmente un buen sistema de aterramiento debemos considerar por lo menos tres componentes principales:

- Resistencia de contacto entre el electrodo y la tierra. Si el electrodo es buen conductor de corriente y está desprovisto de agentes aislantes como grasas o pinturas, la corriente se descargará libremente y se disipará a través de la tierra en forma instantánea.

Acotando que al realizar un sistema de tierra por medio de barras copperwel, el electrodo deberá quedar instalado, por lo menos a 1,2 metros separado del poste o muro según sea el caso y según lo dispuesto en la IEEE Std. 1100. Si el electrodo es conectado pegado al poste o al muro, no se produce una descarga de corriente eficazmente, dado que el poste o muro se comporta como un aislador, pues posee una alta resistividad, y no permite que la corriente se descargue a tierra.

- La sección transversal del electrodo y su conexión: una sección transversal adecuada y una unión segura con el cable, hará que la resistencia sea despreciable. Además que La unión del electrodo con el cable de cobre deberá ser hecho con soldadura de fusión
- La resistividad del propio terreno: como se ha dicho anteriormente, la propia tierra presenta una resistividad muy heterogénea, y el valor final

de la resistencia del sistema dependerá fundamentalmente de las características que tenga el propio terreno.

Por tanto podemos decir que la sección del conductor, la superficie de contacto y la resistividad del suelo, son los tres factores más importantes en la construcción de un buen aterramiento.

Es importante tener presente en la construcción de un buen aterramiento los valores de resistividad que tengan los diferentes terrenos y las capas que la componen, para determinar si el sistema será horizontal o vertical y si será necesario adicionar material despolarizante.

Se ha comprobado que la forma más eficaz de hacer un sistema de aterramiento para proteger la planta externa en lugares muy secos y con alta resistividad, es por medio de sistemas con mezcla de material despolarizante, siendo el más recomendable la aleación de ventonita con carbón mineral molido, en relación de 2 a 1 respectivamente, en una área aproximada de 70 centímetro cúbico.

Si R es la lectura de resistividad del instrumento, en ohms, para una separación de a metros, entonces la resistividad aparente esta dada por la siguiente fórmula:
Resistividad = $(2\pi R) \cdot a$ [ohm-metro].

$$R_0 = 2\pi R \cdot a \text{ [ohm - metro]}$$

El término resistividad aparente se usa ya que la fórmula anterior supone que el terreno es uniforme hasta una profundidad a metros bajo el punto central del esquema de medida. Se puede obtener información respecto de la estructura real del suelo tomando una serie de lecturas, incrementando a en pasos de 1 metro hasta una

separación de 6 metros, luego en pasos de 6 metros hasta una separación de 30 metros. Para instalaciones de área muy grande, especialmente donde hay roca abajo, puede ser aconsejable lecturas a 50 m, 80 m y aún 100 m de separación de estacas según la IEEE Std 1100. El instrumento empleado debe ser suficientemente preciso para medir valores de resistencia muy pequeños con estos grandes espaciamientos (del orden de 0,01- a 0,002-). Las medidas deben realizarse preferiblemente en un área de terreno razonablemente no perturbado. Típicamente los valores más bajos de a darán altos valores de resistividad de suelo porque ellas estarán fuertemente influenciadas por la capa superficial que normalmente drena el agua o su contenido de agua está reducido por el sol y/o el viento. A medida que la distancia a aumenta, la resistividad aparente normalmente se reducirá, a menos que exista roca subyacente.

Durante la realización de la medida se deberá dibujar una curva de resistividad versus separación. Esta curva proporcionará información respecto de la estructura general del terreno en la localidad, identificando lecturas extrañas y ayudando a decidir cuántas medidas se requieren. Si hay grandes fluctuaciones en los valores medidos, es probable que las condiciones del suelo sean variables, la tierra ha sido compuesta o existen tuberías enterradas en el área. En tales casos, las medidas deben tomarse en algunas direcciones transversales a través del sitio. Algunas de estas transversales deben ser en ángulo recto unas de otras, para permitir la identificación de interferencias de cables eléctricos cercanos.

4.4 Cableado de puesta a tierra y conectores

El conductor de puesta a tierra debe estar aislado con chaqueta de color verde o verde con una o más franjas amarillas y aprobado como adecuado para ese propósito (debe ser retardante de las llamas, resistentes a la humedad y altas temperaturas) (IEEE Std. 1100) Se recomienda el uso de cables de tipo THW, THHW. Se permitirá que un conductor de puesta a tierra de equipos aislado o cubierto sea identificado

como tal durante la instalación con marcación permanente a ambos extremos y en cualquier punto donde sea accesible. La identificación puede hacerse mediante uno de los siguientes métodos:

- Retirando el aislamiento o recubrimiento del conductor en todas las longitudes expuestas.
- Pintando de verde el aislamiento o recubrimiento externo.
- Marcando el aislamiento o recubrimiento con una cinta o etiquetas adhesivas de color verde.

4.4.1 Material.

El conductor de puesta a tierra debe ser de cobre u otro material adecuado resistente a la corrosión, sólido o trenzado.

4.4.2 Camino efectivo.

El camino a tierra desde circuitos, equipos y canalizaciones de conductores debe:

Ser permanente y efectivamente continuo.

- Debe tener suficiente capacidad de corriente para transportar con toda seguridad cualquier corriente de falla que pueda circular por él.
- Tener impedancia lo suficientemente baja para limitar el potencial respecto a tierra
- Asegurar el funcionamiento de los dispositivos de sobrecorriente del circuito.

El conductor de puesta a tierra debe ser de un calibre no inferior al N° 14 AWG para cobre o equivalente según lo expuesto en las normas AWG. Y su calibre se escogerá según la capacidad máxima de corriente que maneja el equipo a conectarse según la siguiente tabla:

Tabla 4.2 Capacidad de los conductores según la American Wire Gauge (AWG)

Máxima capacidad de corriente de la planta (A)	Cable de Cobre N° AWG
15	14
20	12
30	10
40	10
60	10
100	8
200	6
300	4
400	3
500	2
600	1
800	1/0
1000	2/0
1200	3/0
1600	4/0
2000	250 Kcmil
2500	350 Kcmil
3000	400 Kcmil
4000	500 Kcmil
5000	700 Kcmil
6000	800 Kcmil

4.4.3 Tramo en línea recta.

El conductor de puesta a tierra se debe instalar en línea recta, tanto como sea factible, hasta el electrodo de tierra. Las curvaturas fuertes deben ser evitadas.

4.4.4 Radio mínimo de curvatura.

El radio mínimo de curvatura de los conductores de tierra es de 15,24 cm (6 in.) y todas las curvas deben estar dirigidas hacia el punto final de aterramiento para ese conductor.

4.4.5 Longitud.

Todos los conductores de tierra deben ser lo más cortos posible. Para el momento de la instalación debe tomarse en cuenta la ruta más corta y con el menor número de curvaturas, siempre que esto no interfiera con otro equipo o la seguridad personal.

4.4.6 Daños físicos.

Cuando sea necesario, el conductor de puesta a tierra se debe proteger contra daños físicos, esto se logra colocándolo dentro de tuberías metálicas o de PVC. Si el conductor de tierra está colocado en una tubería metálica, ambos extremos de la misma deben estar conectados al conductor de tierra o al mismo terminal o punto al que se conecte dicho conductor.

4.4.7 Conexiones.

El conductor de puesta a tierra se debe conectar al punto más cercano a

- El electrodo de puesta a tierra de la instalación.
- Las tuberías metálicas de agua (fría) del interior del edificio.

- Un medio accesible de la acometida del servicio de energía, fuera de los armarios que pudiera haber.
- A una canalización metálica del servicio de energía.
- Al armario de los equipos de la acometida.
- Al conductor del electrodo de puesta a tierra o a la envolvente metálica del mismo.

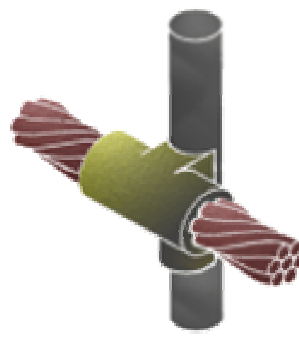
Este conductor deberá llevarse sin ningún empalme a cualquiera de los puntos anteriores y será dimensionado tomando el calibre del cable que soporte la cantidad de corriente que pueda pasar en caso de alguna falla, de acuerdo a la Tabla 4.2

4.4.8 Uniones de cables de tierra

Todas las uniones entre conductores de tierra a anillos o buses deben ser de cobre o cualquier otro material resistente a la corrosión y deben estar conectadas mediante una soldadura exotérmica (Cadweld) o sujetadas mediante abrazaderas a presión tipo C-Tab. A continuación se muestra figura las dos alternativas a utilizar para la unión del cable de tierra.



a



b

a) Soldadura exotérmica (Cadweld).

- b) Abrazadera tipo CR-3 Cable Horizontal de Paso a Cualquier Altura de Varilla de Tierra

4.4.9 Conexión a los electrodos.

Los electrodos del sistema de aterramiento consisten en varillas de cobre o un material similar, de una longitud no menor a 2,40 metros y 5/8 mínimas de diámetro, los cuales deben estar enterrados a una profundidad no menor a 2,40 metros, en caso de encontrar rocas en el terreno las barras de los electrodos pueden enterrarse en forma oblicua con un ángulo no mayor a 45° de la vertical. Si el edificio o estructura a la que pertenezca esta instalación no tiene conexión a tierra, se utilizarán como electrodos alguna estructura metálica puesta a tierra eficazmente o a una tubería de agua que posea un electrodo complementario, dicha tubería debe ser no menor a 3 metros de longitud y 19 milímetros de diámetro, conectadas permanentemente a una parte de la tierra que esté húmeda y separadas de los conductores de pararrayos por 1,80 metros y a la misma distancia de los electrodos de otras instalaciones. Esto se permite siempre y cuando las tuberías metálicas interiores para agua estén situadas a menos de 1,52 metros del punto de entrada al inmueble o instalación y no pasen por medidores. No se deben utilizar como electrodos protectores las tuberías de vapor o agua caliente ni los conductores que van hasta el pararrayos. Las conexiones de puesta a tierra se conectarán al electrodo de puesta a tierra por medio de soldaduras exotérmicas (Cadweld), terminales, conectores de presión, brazaderas y otros medios aprobados. No se utilizarán conexiones que dependan únicamente de soldaduras blandas. Las abrazaderas de puesta a tierra deben ser aprobadas para los materiales de los electrodos de puesta a tierra y sus conductores, y cuando se use en barras, tubos u otros electrodos enterrados, serán también adecuadas para usarse directamente enterradas. No se conectará más de un conductor al electrodo de puesta a tierra, por medio de una abrazadera única o accesorio, a menos que la abrazadera o el accesorio sean del tipo aprobado para varios conductores. Se pueden utilizar para esta

aplicación, conectores, abrazaderas, herrajes u otros elementos de fijación utilizados para conectar los conductores de tierra y los puentes de conexión equipotencial a los electrodos de tierra o a cualquier otro elemento de tierra que esté empotrado en concreto o enterrado directamente.

4.5 Varilla copperweld

Esta varilla es una de las más usadas, ya que es de bajo costo de material. Este tipo de electrodo está hecho de acero y recubierto de una capa de cobre, su longitud es de 3.05 metros y un diámetro de 16 milímetros. Esta varilla se debe enterrar en forma vertical y a una profundidad de por lo menos 2.4 metros, esto por norma. También por norma se acepta que la varilla vaya enterrada en forma horizontal, siempre y cuando sea en una zanja de mínimo 80cm de profundidad, pero no es muy recomendable. La varilla copperweld no tiene mucha área de contacto, pero sí una longitud considerable, con la cual es posible un contacto con capas de tierra húmedas, lo cual se obtiene un valor de resistencia bajo.



Figura 4.2 Varilla Copperweld [13]

4.6. Varilla chem-rod

Esta varilla de aterramiento posee la característica especial de contener sales minerales en su interior las cuales son liberadas para acondicionar el terreno que rodea a la misma, esto permite garantizar una excelente resistencia de puesta a tierra durante el periodo de duración de la misma, cuando las sales se acaban pueden ser

repuesta mediante kits especiales para tal _n. La eficiencia de estas varillas es tan elevada que permite reemplazar hasta diez varillas de aterramiento convencionales por una sola chem-rod, esto es muy importante en terrenos donde se requieran resistencias de tierra muy pequeñas, y la cantidad necesaria de varillas convencionales se hace excesivamente numerosa. Estas están disponibles a nivel comercial en varios modelos, una vertical y una horizontal, cada una de estas se utilizara dependiendo del terreno y la capacidad de excavación que se disponga.

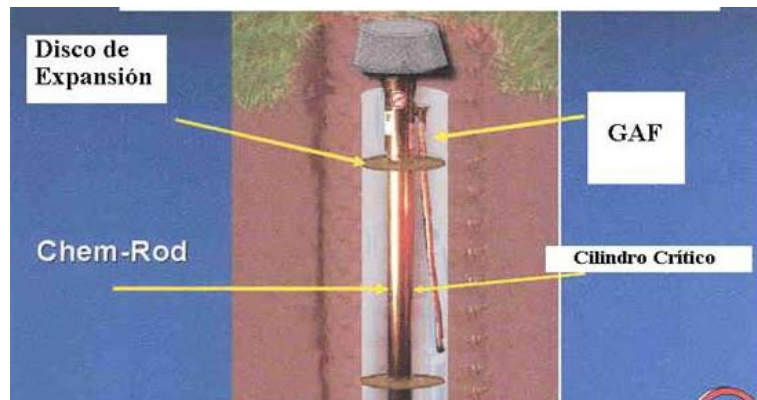


Figura 4.3 CHEM ROD colocado en la tierra [13]

4.7 Normativas de incorporación de los shelter de PDVSA al sistema de puesta tierra de las subestaciones de CADAFFE.

Bajo el criterio de las compañías asociada, el sistema de telecomunicación es un pieza medular para mantener la supervisión, control y gestión de las actividades diarias y posibles eventos a suscitar.

La incorporación de PDVSA a las subestaciones del recorrido de la línea de 230Kv, deberá conllevar a acuerdos de localización y acoplamiento al sistema de puesta tierra que se encuentra en aquellas subestaciones operativas antes del firmado Convenio de Cooperación.

Según lo expuesto en las anteriores características de un sistema de puesta tierra, PDVSA deberá constituir una malla de tierra al rededor de cada uno de sus shelter de comunicación y se unirá al sistema de puesta tierra de la subestación a través de soldaduras exotérmicas a los costados de la malla y enfocados en tanquillas para su verificación y control. En la siguiente figura se muestra como deberá ser el acoplamiento de PDVSA al sistema de puesta tierra existente en la subestación

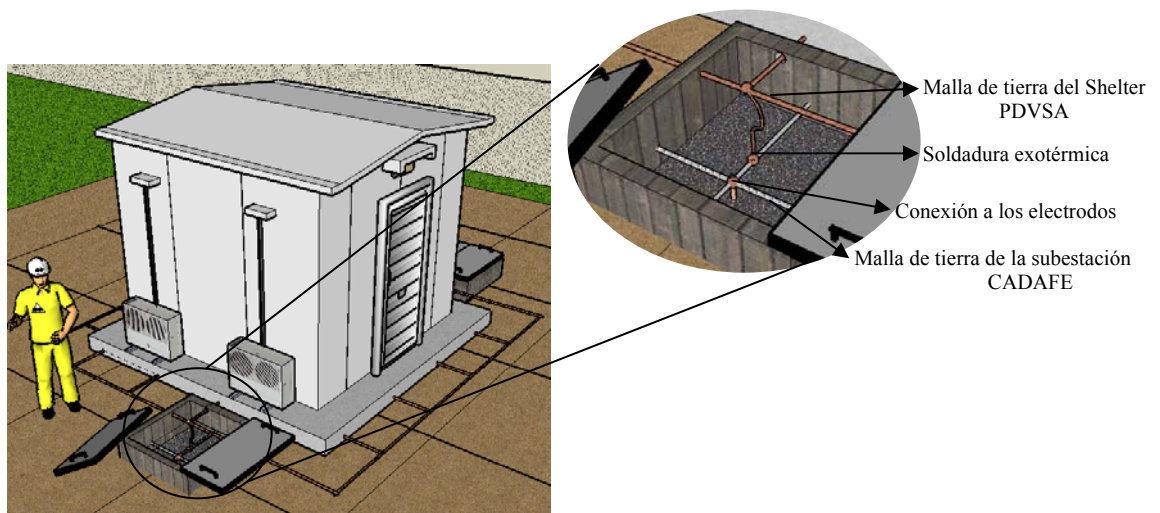


Figura 4.4 Acoplamiento de PDVSA al sistema de puesta a tierra [Fuente Propia]

4.8 Aterramiento de las torres

PDVSA brinda sus servicios en las 3 principales ciudades del Estado Sucre, lo cual implica que de una manera eficaz estas sean integrada al sistema comunicación de fibra óptica propuesto para el tendido eléctrico de 230Kv, por lo que en el caso de las sedes de Cumaná y Carúpano, que no se encuentra en la ruta de la fibra OPGW, deberán de cierta manera interconectarse previamente a través de enlaces de microondas, estas conexiones son partes de posteriores etapas pero que serán tomadas en consideración en este trabajo de grado. Las torres a instalarse (si son necesarias) deben estar unidas al anillo de aterramiento de la subestación a través de un anillo que bordee la torre, el cual debe estar conectado al menos en un punto al anillo externo.

Una configuración recomendada para el anillo externo de la instalación es la siguiente:

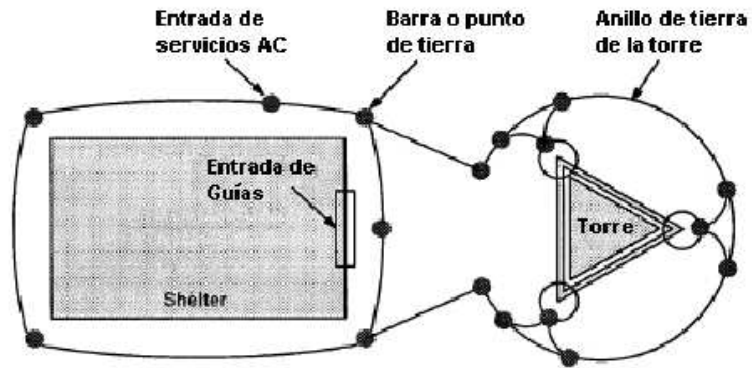


Figura 4.5 Anillo de Aterramiento Externo[12]

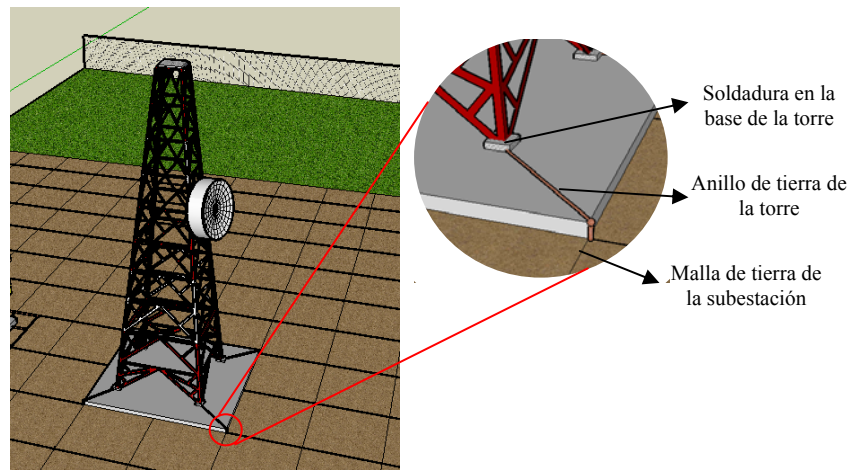


Figura 4.6 Conexión de torres a la malla de subestación. [Fuente propia]

El anillo de la torre debe estar conectado al anillo de la caseta justo debajo del trayecto de las guías y se realizará una segunda conexión entre anillos en caso de querer tener redundancia en el sistema de aterramiento.

Con esta configuración la instalación está protegida con un sistema perimetral de tierra que forma un plano equipotencial. En caso de que la torre se encuentre en el tope de un edificio y no exista una tierra en el sitio, debe ser llevado un cable desnudo de calibre no menor a N° 2 AWG de cobre estañado hasta el sistema de aterramiento del edificio. Si esto no es posible, un buen punto de aterramiento sería aquel donde está aterrado el sistema eléctrico que provee el servicio al edificio.

Todas las piezas metálicas que se encuentran en la instalación como escalerillas, soportes, guías, aires acondicionados, rejas, cobertores de ventanas, generador, así como también la barra de aterramiento interna deben estar conectadas por lo menos en algún punto al anillo exterior de aterramiento. En todas las roscas, puntas y superficies de contacto, toda pintura, esmalte o revestimiento similar que no sea conductivo se retirará o las uniones se realizarán por medio de accesorios diseñados para no requerir tal remoción.

4.8.1 Barra de aterramiento exterior

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.

En exteriores, es necesaria una barra de aterramiento colocada en el punto donde las guías entren al shelter, edificio, área, etc. Esta barra debe ubicarse lo más cerca posible a la ventana de acceso de manera que permita la conexión de las líneas de transmisión que se encuentren en la parte superior de la misma.

Esta barra estará conectada a un punto de tierra del anillo exterior con un conductor N° 2 AWG o mayor de cobre que posea una chaqueta de color verde, además de ir por una tubería PVC, con pintura de revestimiento color verde.

Cada conexión a la barra de tierra debe estar cubierta en los puntos de contacto con grasa antioxidante y no se debe colocar más de un conector en cada hueco de la barra. En caso de que no exista espacio disponible en la existente, se debe colocar otra barra la cual debe estar eléctricamente conectada al anillo exterior y a la barra principal mediante un conductor de cobre calibre N° 2 AWG o mayor.

Esta barra debe estar aislada mediante accesorios que no permitan que exista continuidad eléctrica entre ella y su soporte. Las medidas de la barra externa y su distancia de los soportes deben ser las que se muestran a continuación:

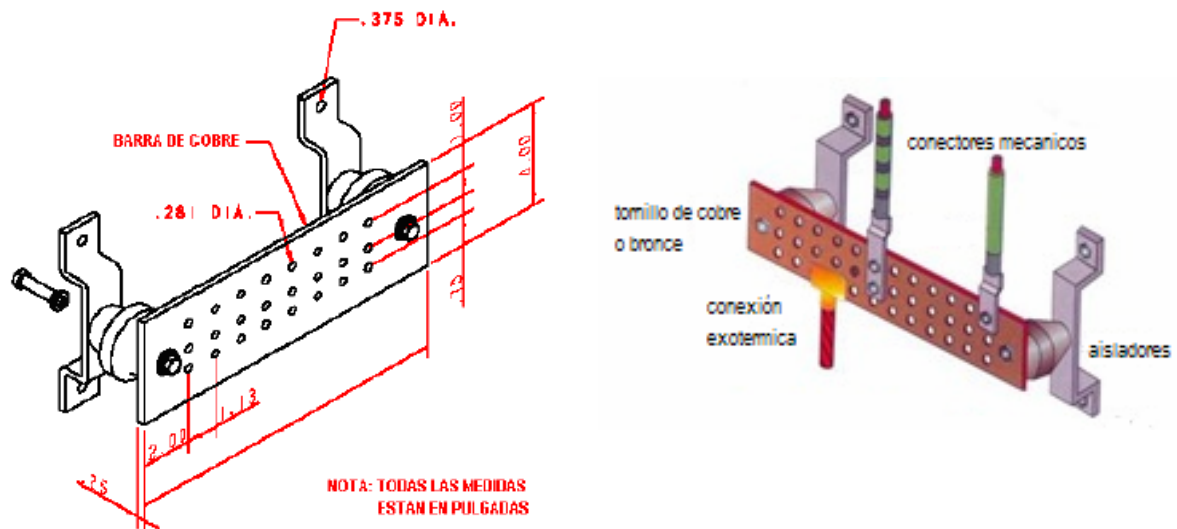


Figura 4.7 Barra de aterramiento[8]

El largo de la barra varía en función del número de conexiones que se estiman realizar y posibles expansiones, por lo general, las barras instaladas en exteriores tienen una longitud de 20 lo que permite un total de 14 conexiones (doble ojo); este tamaño puede variar dependiendo del tamaño del shelter y la cantidad de equipos que van a alojar.

Las barras expuestas a la intemperie, al igual que las conexiones a las mismas, deben ser protegidas contra la corrosión cubriéndolas con grasa, evitando así que los agentes corrosivos la afecten.

Las barras en exteriores deben estar ubicadas en función a los siguientes criterios:

- En caso de utilizar monopolos (bases tubulares) siempre debe existir una barra de tierra ubicada en la parte inferior del mismo.

- En caso de utilizar torres, deben existir barras de tierra ubicadas según:
 - 1) Siempre debe existir una barra de tierra en la parte superior de la torre ubicada a 3 metros del tope.
 - 2) Siempre debe existir una barra de tierra al final del recorrido vertical ubicada a 1 metro de la transición del recorrido horizontal.
 - 3) Para torres comprendidas entre los 40 y 90 metros debe existir una barra de tierra adicional ubicada en el medio del recorrido vertical.
 - 4) Para torres mayores a 90 metros deben existir 2 barras de tierra adicionales ubicadas de manera tal que exista una separación equidistante entre las 4 barras existentes.
 - 5) Siempre debe existir una barra de tierra ubicada en la ventana de acceso de la caseta.
 - 6) Cuando existan recorridos horizontales mayores a 45 metros deben existir barras de tierra adicionales ubicadas aproximadamente cada 25 metros.

4.8.2 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.

No están permitidas las conexiones al sistema de tierra que tengan recorridos verticales ascendentes. En caso que las barras no existiesen en la instalación, las mismas deberían ser colocadas y conectadas al sistema de aterramiento como se describió en la sección anterior.

La conexión debe hacerse utilizando un conductor resistente a la intemperie (THW o THHW), de calibre N° 6 AWG y chaqueta color verde 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.

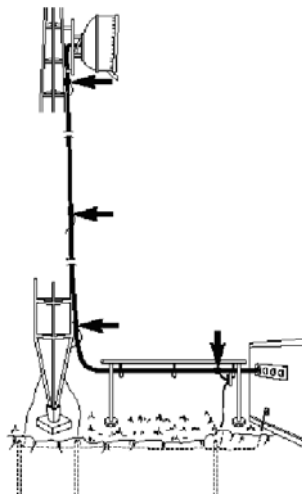


Figura 4.8 Puntos de conexión de aterramiento para las líneas de transmisión.[12]

Los conectores deben ser los adecuados para el propósito y el calibre del cable. Para mantener una buena conexión, prevenir el pivoteo y la holgura inherente de los conectores se deben usar conectores de doble ojo. Deben colocarse arandelas de presión debajo de la tuerca y pueden usarse arandelas normales entre el tornillo y el conector, pero no entre el conector y la superficie. En la siguiente figura muestra que tipo de conector es el usado en estos casos.

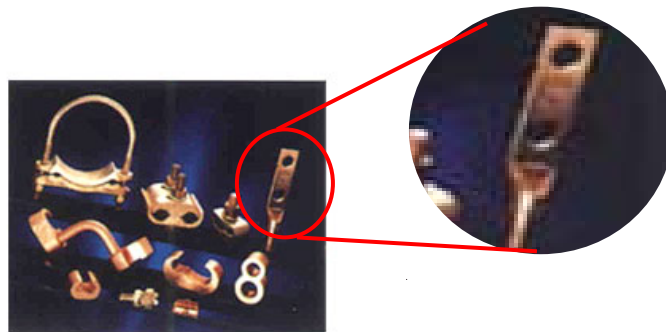


Figura 4.9 Conector de doble ojo para barra de tierra[12]

La intención de aterrizar las líneas de transmisión en el tope, medio y fin del recorrido vertical es para prevenir que los rayos puedan crear una diferencia de potencial; la de aterrizar la línea de transmisión a una barra de aterramiento colocada al final del recorrido vertical y antes de la ventana de entrada es la de llevar el rayo a tierra.

Todas las conexiones a tierra de las líneas de transmisión (grounding kits) deben estar debidamente selladas y protegidas contra el agua, su recorrido debe ser en línea recta tratando de ser el más corto posible y hacia abajo, evitando curvaturas agudas y lazos.

4.9 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 N° 2 AWG o mayor, que posea una chaqueta de color verde. La penetración a las paredes deben hacerse con un ángulo de 45° para evitar curvaturas bruscas en el recorrido del conductor.

4.9.1 Anillo de aterramiento

El propósito principal del anillo es proveer un trayecto de aterramiento para periféricos o aparatos de soporte dentro del sistema de comunicaciones o áreas de equipos.

Esta formado por un conductor calibre N° 2 AWG o mayor con chaqueta de color verde, y debe instalarse de tal manera que rodee el interior del shelter o caseta donde estén instalados los equipos. Ambas puntas del anillo deben conectarse a la ventana o barra de aterramiento interna. Este anillo debe estar instalado por lo menos a 2,43 metros (8 ft.) desde el piso y 15,24 cm (6 in.) debajo del techo. Adicionalmente, debe realizarse una conexión a tierra en cada esquina de la instalación, la cual debe estar conectada al anillo exterior de la instalación mediante un conductor de calibre N° 2 AWG o mayor el cual debe atravesar las paredes con un ángulo de 45°.

El anillo debe estar sujetado a las paredes de la instalación cada 61 cm (24 in.) y, cuando sea necesario, en los puntos de cambio de dirección (esquinas).

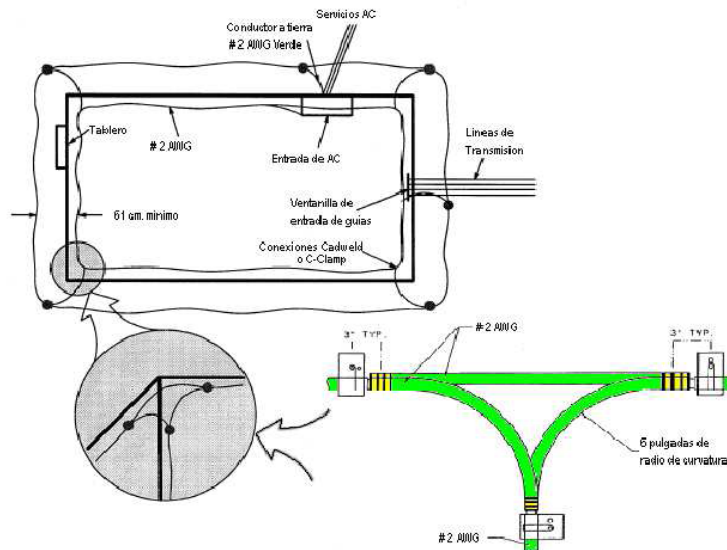


Figura 4.10 Anillo de Aterramiento Interno.[12]

Al anillo deben conectarse todas las piezas metálicas de equipos secundarios que se encuentren en el interior de la instalación, como son: puertas y marcos metálicos, tableros de breakers, soportes de aires acondicionados, etc. Todas estas conexiones deben hacerse con un conductor calibre N° 6 AWG, e igualmente con chaqueta de color verde.

4.9.2 Barra de aterramiento interior

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.

En interiores, esta barra debe estar ubicada en un lugar de fácil acceso para los conductores y desde donde pueda conectarse a un punto del anillo externo con conductor N° 2 AWG o mayor.

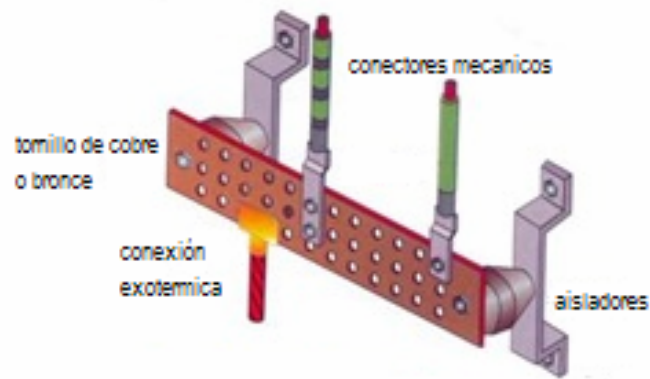


Figura 4.11 Barra de aterramiento (MGB) interna.[8]

El cableado hasta ésta barra debe ser el más corto posible evitando curvaturas agudas e innecesarias.

4.9.3 Aterramiento de los racks (conexión de la barra de tierra de los racks)

Todos los racks o bastidores que se encuentren en las instalaciones 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 cualquiera de los siguientes sistemas:

Un anillo de aterramiento para los equipos, el cual debe estar instalado en la parte inferior de los rieles del sistema de escalerillas mediante el uso de enganches adecuados (ganchos diseñados para éste fin) separados aproximadamente cada 50 cm; este anillo será de un conductor de cobre de calibre no menor al N° 2 AWG verde, donde ambos extremos deben estar conectados a la barra de tierra principal. La conexión al anillo debe hacerse en dos puntos formando una V, utilizando un conductor de cobre de calibre N° 6 AWG. La unión de los cables que conectan la barra de tierra de los racks con el anillo de tierra para los equipos debe realizarse por

medio de conectores de presión tipo C-Tab. Las siguientes figuras muestran el tipo de conexión en Y al anillo de tierra de los equipos.

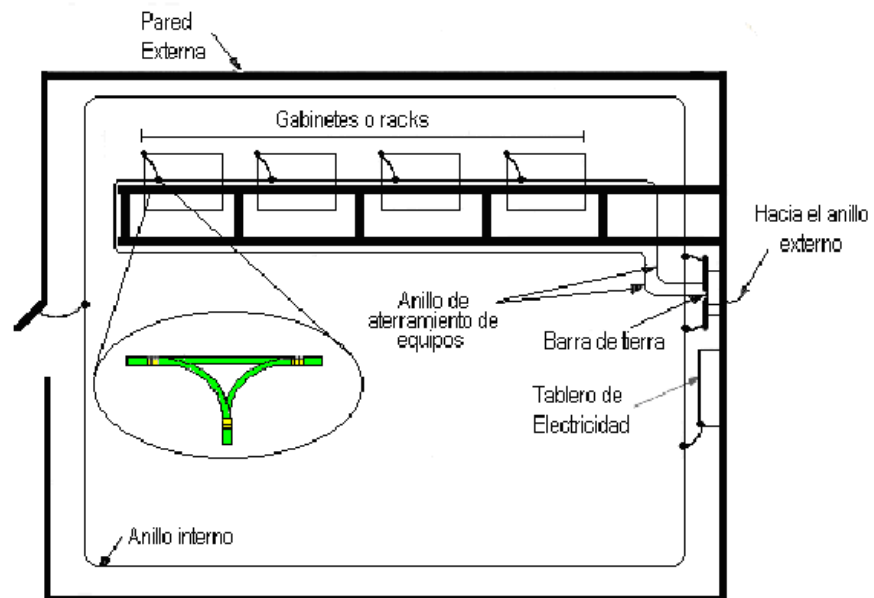


Figura 4.12 Anillo de Tierra para los equipos.[12]

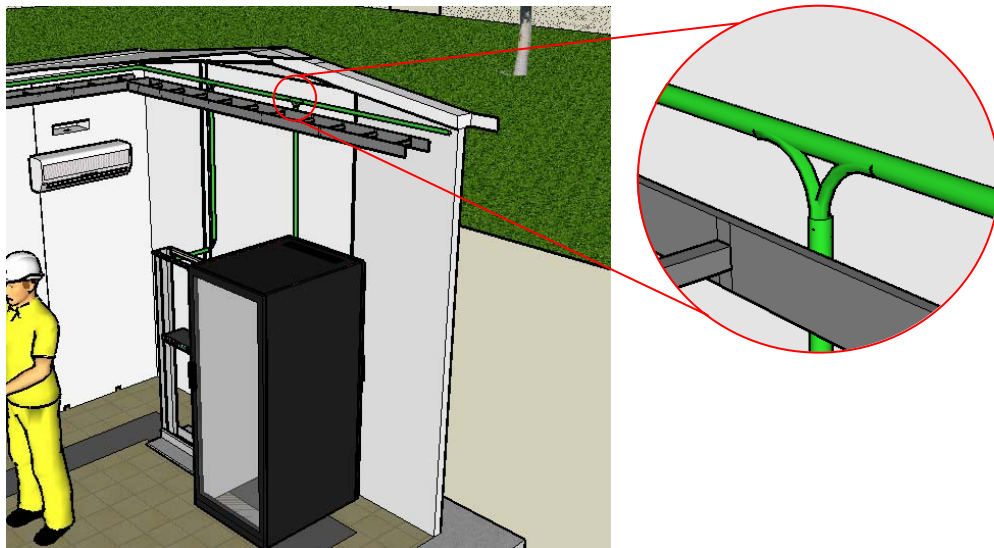


Figura 4.13 Anillo de Tierra para los equipos en shelter PDVSA. [Fuente Propia]

El anillo de tierra para los equipos puede colocarse en el borde exterior del sistema de escalerillas (configuración recomendada para shelters y áreas amplias del MTSO).

Otra configuración posible para el aterramiento de los racks es la del bus de tierra, este está conformado por un conductor de cobre de calibre no menor al N° 2 AWG y revestimiento verde, el bus debe tener uno de sus extremos conectado a la barra de tierra.

El recorrido del bus por la escalerilla debe hacerse con los mismos enganches que el anillo descrito anteriormente. La conexión al bus debe hacerse con una curvatura no menor a 15,24 cm (6 in.) en dirección a la barra de tierra, se debe utilizar un conductor de cobre de calibre N° 6 AWG. La unión de los cables que conectan la barra de tierra de los racks con el bus de tierra para los equipos debe realizarse por medio de conectores de presión tipo C-Tab. Así como se muestra en la siguiente figura:

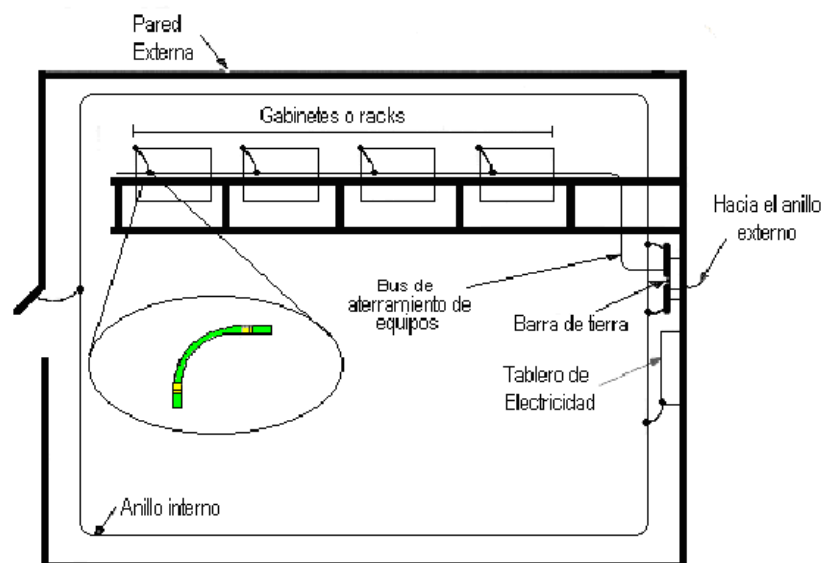


Figura 4.14 Bus de Tierra para el anillo.[12]

En caso que el anillo o el bus no puedan ser instalados, las barras de tierra de los diferentes racks deben tener una conexión directa a la barra principal por medio de un conductor de cobre de calibre no menor al N° 6 AWG verde. Esta configuración no es recomendada ya que el conductor puede presentar más de dos curvatura de 90° y se utiliza mucho espacio de la escalerilla para estos conductores.

Todas las conexiones a las barras de tierra de los racks deben ser de un solo ojo y en la barra se hará una sola conexión por agujero y en un solo sentido. En caso de que no exista espacio suficiente en la barra para todos los equipos, se debe colocar una barra adicional conectada de igual manera al sistema de aterramiento y aislada del rack que la soporta.

La estructura metálica de los racks debe estar conectada al anillo interno de aterramiento mediante un conductor de calibre N° 6 AWG de chaqueta color verde.

4.9.4 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, como por ejemplo en torres.
- 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, en caso de que este no sea especificado debe escogerse uno de acuerdo a la capacidad de corriente 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.

4.9.5 Aislamiento de fallas a tierra

Todos los racks deben tener una plancha aislante de un material no conductor colocado entre la base del rack y el piso. Los tornillos que soportan el rack deben llevar una arandela que no permita el contacto eléctrico entre el tornillo y la estructura del rack.

Todas las barras de tierra que se encuentren tanto en paredes como en los racks deben estar aisladas mediante un material no conductor de la estructura que la soporta. La intención de aislar los equipos, racks y barras es para evitar que en el caso de una descarga eléctrica o fallas a tierra, la corriente no tome caminos indeseables y pueda causar diferencias de potencial no deseadas provocando daños a los equipos y personas que puedan encontrarse en la instalación.

CAPÍTULO V

DISEÑO DEL ENLACE

A través del convenio firmado entre PDVSA y CADAFE se tiene la intención y actualmente la ejecución, de la construcción de un tendido de 230 Kv desde la subestación existente Guanta II, hasta las instalaciones del complejo Gran Mariscal de Ayacucho (CIGMA) en la ciudad de Güiria, en tal aprovechando el tendido eléctrico se instalara dos cables de guarda OPGW de 24 hilos de fibras cada uno, lo cual es la base para el desarrollo de este proyecto.

Este proyecto comprende el diseño de la electrónica y los cálculos necesarios de potencia óptica y atenuación para lograr una red de comunicación óptica basada en tecnología SDH, para así proveer de servicio de comunicaciones a PDVSA EyP Costa Afuera mediante la red óptica OPGW contemplada en el convenio.

5.1 Medio y forma de la trayectoria

Las fibras son adecuadas para comunicaciones y transmisión de datos a través de cables aéreos situados por los postes y tendidos eléctricos de la red de distribución de alta tensión, la ventaja de esta radica en su inmunidad a las interferencias electromagnéticas generada por las líneas de alta tensión, además poseen cubiertas resistentes al deterioro ocasionado por los factores externos como los rayos UV, su peso es reducido, bajo atenuación, gran ancho de banda, además de que su instalación puede ser realizada antes o durante el servicio.

5.1.1 Ruta del tendido del cable de fibra óptica

La ruta de instalación del cable de fibra óptica OPGW esta contemplado desde la subestación Guanta II en el Estado Anzoátegui hasta la Subestación Sucre dentro del Complejo Gran Mariscal de Ayacucho en la ciudad de Güiria del Estado Sucre.

Cubre 2 subestaciones intermedias a lo largo del recorrido, formando así 3 tramos, que en su totalidad será a través del cable de guarda OPGW del tendido 230Kv.

En la siguiente tabla se muestra las distancias entre las subestaciones vinculadas en la trayectoria de la fibra óptica:

Tabla 5.1 Distancias entre Subestaciones[21]

Subestaciones		Distancia (Km)
S/E Guanta II	S/E Cumaná II	60.95 km
S/E Cumana II	S/E Casanay	79.41km
S/E Casanay	S/E Sucre	128,97 km

El recorrido total del enlace es de 269,33 Km de fibra óptica que deberá contemplar todos los requerimientos técnicos de las compañías asociadas (CADAFE, PDVSA). Además de cumplir con las disposiciones de los convenios en materia de:

- Cantidad de hilos de fibras repartidas para cada compañía.
- Normativa de seguridad para los mantenimientos preventivos y correctivos.
- Disponibilidad de espacio para los equipos en cada subestación.

En la siguiente figura se muestra la ruta cursada por el tendido eléctrico.



Figura 5.1 Ruta del tendido eléctrico de 230Kv[21].

5.1.2 Ruta de la fibra óptica en subestación

El recorrido de esta fibra cumple con cierta complejidad tanto en la salida y llegada en cada subestación. Por disposiciones del convenio y de políticas internas de cada compañía, las fibras ópticas OPGW que componen los cables de guarda de la línea 230Kv, deberán llegar al cuarto de control y comunicaciones de CADAPE a un gabinete de distribución de fibra. Una vez allí PDVSA le corresponderá conectarse con los hilos de fibra asignados, usando las canalizaciones o tanquillas de las subestaciones para llegar al cuarto de comunicación correspondiente (Shelter de PDVSA), que estarán en los linderos del área de seguridad de la subestación, de acuerdo a las disposiciones del terreno en cada subestación. En la siguiente figura se muestra como será la ruta en las subestaciones.

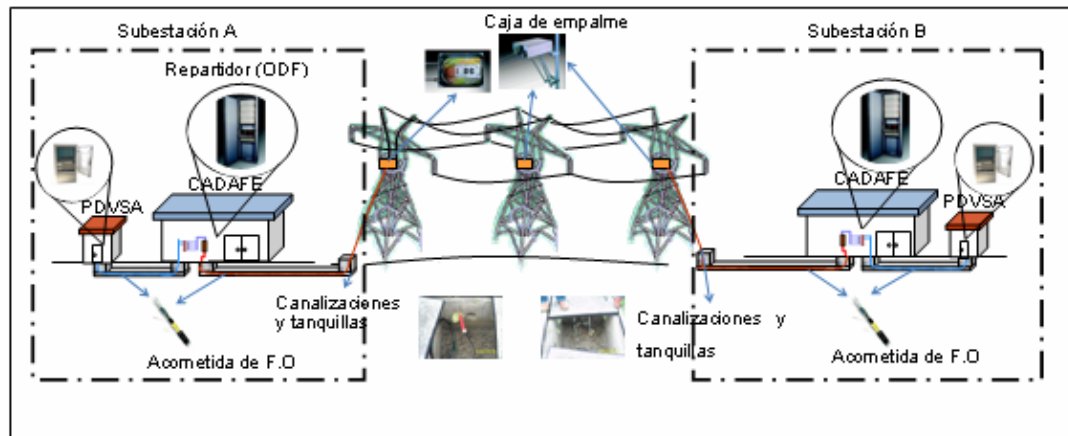


Figura 5.2 Trayectoria del enlace de fibra óptica en subestación [Fuente Propia]

5.2 Cálculos del enlace

5.2.1 Pérdidas del enlace

Una vez realizado la inspección de campo, constatar la distancia en kilómetros que poseen los diferentes tramos y así como la cantidad de empalmes, se procede a realizar el cálculo de cada ruta tomando en consideración las pérdidas por empalme por fusión, por empalme mecánico, la ventana óptica en la que se va a diseñar, conectores y la atenuación de la fibra por kilómetro; obteniendo las pérdidas de la potencia de luz en la fibra óptica, que es un factor clave en el diseño del sistema; con lo cual se especifican los equipos y demás accesorios que se utilizaran según los requerimientos de la compañías asociadas (PDVSA – CADAPE).

Tomando como base las especificaciones técnicas del cable OPGW utilizado en el tendido de 230Kv perteneciente a la empresa TAIHAN Electric Wire C.O. Datasheet., y utilizando la información previamente obtenida durante el levantamiento de campo se procede a realizar los cálculos de diseño.

Para realizar los cálculos se basaran en las siguientes fórmulas:

$$a) P_t \text{ (dBm)} - P_r \text{ (dBm)} = \sum \text{Pérdidas (dB)}$$

$$b) \sum \text{Pérdidas (dB)} = \alpha L + \alpha C + \alpha E$$

Donde:

P_t = Potencia de transmisión del transmisor óptico en dBm

P_r = Potencia de recepción del receptor óptico en dBm

αL = Atenuación debido a la longitud del cable de fibra (dB) = Longitud del cable (Km) x atenuación por Km (dB/Km). La atenuación por kilómetro es proporcionada por el fabricante de la fibra.

αC = Atenuación debido a los conectores mecánicos utilizados en el enlace.

αE = Atenuación debido al número total de empalmes por fusión en cada tramo.

Cada tendido eléctrico lleva consigo 2 fibra óptica OPGW, que por distribución dentro de la subestación de la última caja de empalme, podrá presentarse tramos donde las distancias sean diferentes. Además como forma de identificar cada terna, se llamara una NORTE (izquierda) y la otra SUR (derecha), visto por la dirección que lleva el tendido (Guanta → Güiria)

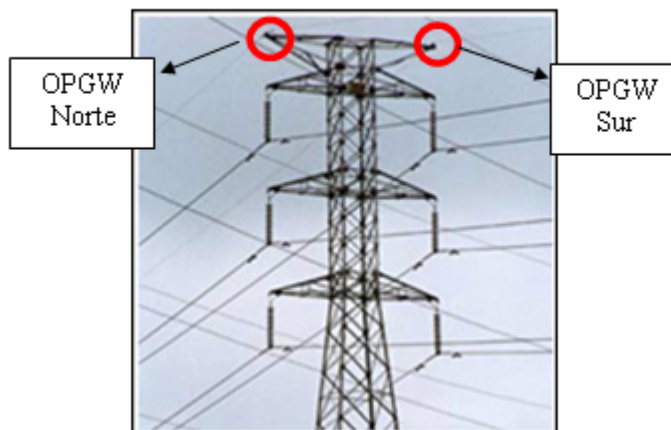


Figura 5.3 Identificación del Cable de Guarda de la línea 230Kv. [Fuente Propia]

Dentro de la subestación la acometida de fibra comprende el recorrido hasta la sala de control de CADAFE (gabinete de fibra) y es de allí que a través de las bancadas de la subestación culminará en el cuarto de comunicaciones de PDVSA. Por lo que la cantidad de atenuación por Kilometro y el número de empalmes mecánicos utilizados será diferente para esta última empresa (de 4 ó 6 conectores por subestación que será igual a 8 ó 12 conectores por tramos).

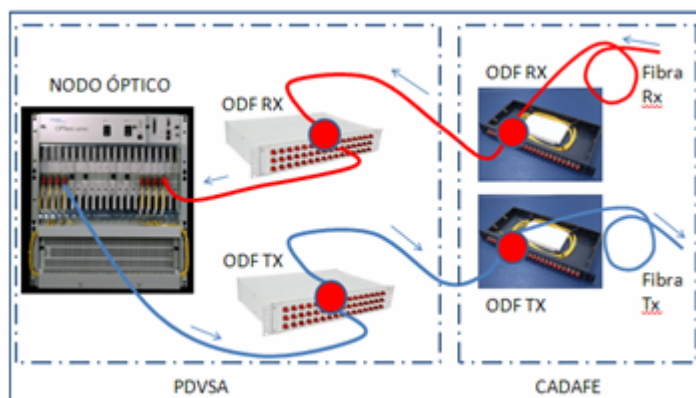


Figura 5.4 Cantidad mínima de conectores requeridos en cada subestación [fuente propia].

5.2.1.1 CÁLCULOS DE PERDIDAS PARA EL TENDIDO OPGW (TRAMO 1: S/E GUANTA II – S/E CUMANA II)

Tabla 5.2 Especificaciones de la F.O Tramo 1[26]

A ventana óptica de 1550nm	
Características de la fibra óptica	2 OPGW de 24 hilos:
Ventana óptica	1550 nm
Atenuación por Km	0.30 dB/Km.
Consideraciones del enlace:	
Longitud del tramo	Norte 59.72Km y Sur 60.95Km
Cantidad de Empalmes por fusión	Norte 17 C/E y Sur 16 C/E.
Atenuación en cada conector mecánico	0.4 dB
Atenuación máxima por empalmes fusión	0.02 dB
Demás características en el Anexo B	

$$\sum \text{Pérdidas (dB)} = \alpha L + \alpha C + \alpha E$$

➤ Norte

$$\alpha L = 59.72 \text{ Km} \times 0.30 \text{ dB/Km} = 17.92 \text{ dB}$$

$$\alpha C = 12 \times 0.4 \text{ dB} = 4,8 \text{ dB}$$

$$\alpha E = 17 \times 0.2 \text{ dB} = 0,34 \text{ dB}$$

$$\sum \text{Pérdidas (dB)} = 17,92 + 4,8 + 0.34 = 23,06 \text{ dB}$$

➤ Sur

$$\alpha L = 60.95 \text{ Km} \times 0.30 \text{ dB/Km} = 18,29 \text{ dB}$$

$$\alpha C = 12 \times 0.4 \text{ dB} = 4,8 \text{ dB}$$

$$\alpha E = 16 \times 0.02 \text{ dB} = 0,32 \text{ dB}$$

$$\sum \text{Pérdidas (dB)} = 18,29 + 4,8 + 0.32 = 23,41 \text{ dB}$$

Tabla 5.3 Perdidas presente en el Tramo I [Fuente Propia]

Recorrido de la fibra óptica	α_L (dB)	α_C (dB)	α_E (dB)	Σ Pérdidas (dB)
Guanta II - Cumana II -norte	17,92	4,8	0,34	23,06
Guanta II - Cumana II -sur	18,29	4,8	0,32	23,41

5.2.1.2 CÁLCULOS de perdidas PARA EL TENDIDO OPGW (TRAMO 2: S/E CUMANÁ II – S/E CASANAY)

Tabla 5.4 Especificaciones de la F.O Tramo II [26]

A ventana óptica de 1550nm	
Características de la fibra óptica	2 OPGW de 24 hilos:
Ventana óptica	1550 nm
Atenuación por Km	0.30 dB/Km.
Consideraciones del enlace:	
Longitud del tramo	Norte 79.41 Km y Sur 79.41 Km
Cantidad de Empalmes por fusión	Norte 19 C/E y Sur 19 C/E.
Atenuación en cada conector mecánico	0.4 dB
Atenuación máxima por empalmes fusión	0.02 dB
Demás características en Anexo B	

$$\Sigma \text{Pérdidas (dB)} = \alpha_L + \alpha_C + \alpha_E.$$

➤ Norte

$$\alpha_L = 79.41 \text{ Km} \times 0.30 \text{ dB/Km} = 23,82 \text{ dB}$$

$$\alpha_C = 12 \times 0.4 \text{ dB} = 4,8 \text{ dB}$$

$$\alpha_E = 19 \times 0.02 \text{ dB} = 0,38 \text{ dB}$$

$$\Sigma \text{Pérdidas (dB)} = 23,82 + 4,8 + 0,38 = 29,00 \text{ dB}$$

➤ Sur

$$\alpha L = 79.41 \text{ Km} \times 0.30 \text{ dB/Km} = 23,82 \text{ dB}$$

$$\alpha C = 12 \times 0.4 \text{ dB} = 4,8 \text{ dB}$$

$$\alpha E = 19 \times 0.02 \text{ dB} = 0,38 \text{ dB}$$

$$\Sigma \text{Pérdidas (dB)} = 23,82 + 4,8 + 0,38 = 29,00 \text{ dB}$$

Tabla 5.5 Pérdidas presente en el Tramo II [Fuente Propia]

Recorrido de la fibra óptica	αL (dB)	αC (dB)	αE (dB)	Σ Pérdidas (dB)
Cumana II - Casanay -norte	23,82	4,8	0,38	29,00
Cumana II - Casanay -sur	23,82	4,8	0,38	29,00

5.2.1.3 CÁLCULOS DE PERDIDAS PARA EL TENDIDO OPGW (TRAMO III: S/E CASANAY – S/E SUCRE)

Tabla 5.6 Especificaciones de la F.O Tramo III [Fuente Propia]

A ventana óptica de 1550nm	
Características de la fibra óptica	2 OPGW de 24 hilos:
Ventana óptica	1550 nm
Atenuación por Km	0.30 dB/Km.
Consideraciones del enlace:	
Longitud del tramo	Norte 128,97 Km y Sur 128,97 Km
Cantidad de Empalmes por fusión	Norte 34 C/E y Sur 34 C/E.
Atenuación en cada conector mecánico	0.4 dB
Atenuación máxima por empalmes fusión	0.02 dB

➤ Norte

$$\alpha L = 128,97 \text{ Km} \times 0,30 \text{ dB/Km} = 38,69 \text{ dB}$$

$$\alpha C = 12 \times 0,4 \text{ dB} = 4,8 \text{ dB}$$

$$\alpha E = 34 \times 0,02 \text{ dB} = 0,68 \text{ dB}$$

$$\sum \text{Pérdidas (dB)} = 38,69 + 4,8 + 0,68 = 44,17 \text{ dB}$$

➤ Sur

$$\alpha L = 128,97 \text{ Km} \times 0,30 \text{ dB/Km} = 38,69 \text{ dB}$$

$$\alpha C = 12 \times 0,4 \text{ dB} = 4,8 \text{ dB}$$

$$\alpha E = 34 \times 0,02 \text{ dB} = 0,68 \text{ dB}$$

$$\sum \text{Pérdidas (dB)} = 38,69 + 4,8 + 0,68 = 44,17 \text{ dB}$$

Tabla 5.7 Pérdidas presente en el Tramo II [Fuente Propia]

Recorrido de la fibra óptica	αL (dB)	αC (dB)	αE (dB)	\sum Pérdidas (dB)
Casanay - Sucre -NORTE	38,69	4,8	0,68	44,17
Casanay - Sucre -SUR	38,69	4,8	0,68	44,17

5.3 Ponderación máxima y mínima del nivel de transmisión y recepción requerido

Para efectos de diseño del sistema se considerara como potencia óptica mínima requerida a nivel de los receptores un valor menor o igual a la atenuación total del tramo menos 10 dBm según lo especificado en el Manual de Ingeniería de Diseño – N-252 Especificación General para el Diseño de Ingeniería Eléctrica en los sistemas de telecomunicación Vol 04.1” Junio (1998). PDVSA

$$PRx = \sum \text{Pérdidas (dB)} - 10 \text{ dB}$$

Siendo PR_x la potencia óptica mínima esperada en los receptores de cada lado del tramo. Para poder cumplir con el diseño se tomará como premisa la utilización de un nodo óptico ADM (Add Drop Multiplexer) cuya potencia óptica de transmisión cumpla las condiciones de diseño anteriormente descritas y adicionalmente permita un nivel de degradación de la señal de transmisión (por tiempo de uso) no mayor a 5dB bajo el criterios del manual de ingeniería de diseño N-252:

$$PT_x = 5\text{dB} + PT_x \text{ min}$$

$$PT_x \text{ min} = 0$$

Siendo:

- PT_x , la potencia nominal de transmisión en condiciones normales de funcionamiento en el nodo ADM.
- $PT_x \text{ min}$, la potencia mínima de transmisión esperada por efecto de degradación por efecto de uso.

Tabla 5.8 Nivel de potencia y pérdida permisible del equipo ADM [Fuente Propia]

	Potencia Nominal (dBm)	Potencia considerada de degradación del equipo (dBm)	Perdidas del enlace nominal (dB)	Perdidas consideradas del enlace a nivel crítico (dB)
Tramo I	5	0	-18,29	-10
Tramo II	5	0	-29,00	-10
Tramo III	5	0	-44,84	-10

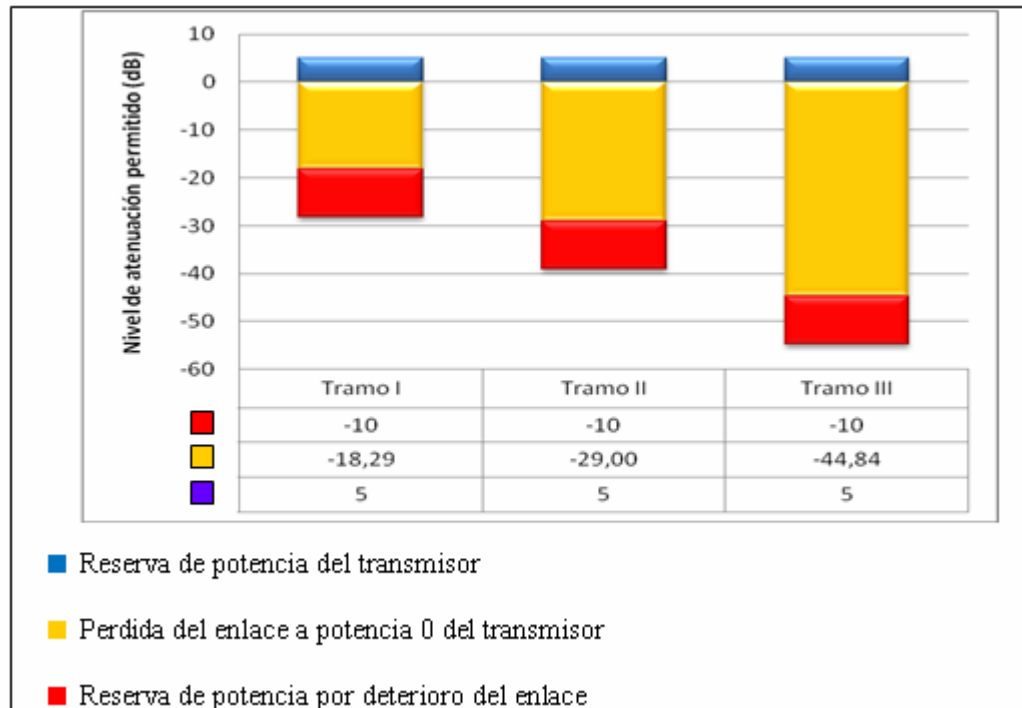


Figura 5.5 Nivel de sensibilidad requerido de los equipo ADM en los diferentes tramos. [Fuente Propia]

Bajo el criterio del diseño, la potencia de receptor dependerá de de las pérdidas en el tramo, el margen de reserva por pérdidas futuras y potencia de salida del transmisor.

$$P_{\text{transmisión}} - \text{Perdidas}(\text{tramo}) - \text{Re serva} \geq \text{Precepción}$$

Donde:

- $P_{\text{Transmisor}}$ = Potencia de salida del transmisor.
- $\text{Perdidas}(\text{tramo})$ = Perdidas calculadas en los tramos.
- Reserva = Reserva de pérdidas futuras en los tramos.

- Precepción = Potencia del receptor (Nivel de sensibilidad mínimo requerido).

De esta forma para garantizar un nivel de sensibilidad acorde a las mayores exigencias, se considera el nivel mas critico de Potencia de Salida del Transmisor, que no será otro que el estimado por degradación del láser (0dBm).

A potencia del transmisor 0 (0 dbm).

Tramo I	
	$0\text{dBm} - (18.29\text{dB}) - (10\text{dB}) \geq \text{Precepción}$ $\text{Precepción} \leq -28.29\text{dBm}$
Tramo II	
	$0\text{dBm} - (29.00\text{dB}) - (10\text{dB}) \geq \text{Precepción}$ $\text{Precepción} \leq -39.00\text{dBm}$
Tramo III	
	$0\text{dBm} - (44.84\text{dB}) - (10\text{dB}) \geq \text{Precepción}$ $\text{Precepción} \leq -44.84 \text{ dBm}$

Por lo que para cada tramo estos constituirían el rango dinámico mas critico que se puede llegar antes que la transmisión se distorsione.

5.4 Cálculo del ancho de banda y distribución de servicios.

Debido a la magnitud de los servicios que cursaran por este sistema de comunicación y que por motivos de crecimiento laboral en los venideros años, se deberán tomar las consideraciones generales para orientar el correcto dimensionamiento del sistema de comunicación en lo concerniente al ancho de banda. Así mismo este proyecto en sus posteriores fases comprende la conexión de las sedes

administrativas de la ciudad de Cumaná, Carupano y Güiría; para efecto de cálculo se tomará estas futuras fases en consideración para los cálculos de ancho de banda.

Como principales servicios cursantes en este sistema de comunicación se visualizan:

- Sistema Integrado de Protección (SIP).
- Sistema de Telefonía IP.
- Sistema de Videoconferencia.
- Intranet (Red TCP/IP, Aplicaciones corporativas, correo, acceso Internet)

En la siguiente tabla se muestra los principales servicios que estarán dispuestos en las subestaciones a lo largo del tendido, como de las sedes que se enlazarán una vez terminado el proyecto.

Tabla 5.9 Servicios a cursar por el tendido OPGW [23]

Lugar	SIP CCTV	Voz IP	Videoconferencia	Intranet
S/E Guanta II	2	1		X
S/E Cumaná II	2	1		X
S/E Casanay	2	1		X
S/E Sucre	2	1		X
Sede Cumaná			1	X
Sede Carúpano			1	X
Sede Güiría			1	X

5.4.1 Sistema Integrado de Protección (SIP)

PDVSA posee edificaciones especialmente diseñadas denominadas Centros de Control (CECON) orientadas exclusivamente a la protección, monitoreo y resguardo del personal, activos e instalaciones de la industria. Cada CECÓN independientemente de su ubicación geográfica cuenta con sistemas automáticos, digitales y analógicos que le permiten monitorear en tiempo real las estaciones de flujo, casetas de oleoductos, estaciones repetidoras de PDVSA, patio de tanques de almacenamiento, refinerías, oficinas administrativas, etc.

A su vez cada región, dependiendo de la complejidad de sus instalaciones, posee centros de control de menor capacidad y tamaño distribuidos en las distintas edificaciones y áreas operativas de dicha región, los cuales se encuentran interconectados con los CECÓN principal.

En el caso del Estado Sucre, existe la particularidad que no existe un CECÓN propio completamente consolidado y operativo, pues el mismo está supeditado a la terminación del complejo industrial Gran Mariscal de Ayacucho (CIGMA), el cual tendrá como función vigilar, controlar y prevenir posibles acciones dirigidas a violentar contra la integridad del personal, instalaciones y equipos de la División Costa Afuera.

Esta parte del diseño contempla requerimientos necesarios para lograr el intercambio de vídeo, voz y datos entre el centro de control principal Guaraguao (CECON Guaraguao) y los centros de control a ser instalado en las tres (3) áreas administrativas y operacionales presentes actualmente en el Estado Sucre: Cumaná, Carúpano y estimado para el 2012 la sede de Güiria.

Los sistemas que supervisará el Centro de Control (CECON) son:

- Sistema de control de acceso y detección de intrusos (SCA/DI).
- Sistema de Televigilancia (CCTV)

Ambos sistemas en conjunto comprenden el denominado Sistema Integrado de Protección (SIP),

Como parte del proyecto se incluyen los cálculos necesarios para informar en tiempo real el estado de cada caseta de telecomunicaciones de PDVSA, dispuestos en las subestaciones del recorrido de la línea 230Kv Tramo Guanta II – Casanay - Sucre.

5.4.1.1 Ancho de banda para la transmisión de vídeo para el sistema SIP.

Generalmente en una red de datos, la transmisión de video demanda un ancho de banda mucho mayor que la de el resto de la información.

A nivel mundial hay dos estándares principales para resolución de video, el NTSC y el PAL. En ambos estándares, la resolución de video se expresa generalmente en relación al CIF (Common Intermediate Format). La resolución CIF es de 352 x 240 píxeles para NTSC y 352 x 288 píxeles para PAL. Para resoluciones mayores existe 2CIF y 4CIF que tienen el doble y el cuádruple de píxeles que CIF respectivamente. Para resoluciones menores está QCIF (Quarter CIF), que tiene un cuarto de la cantidad de píxeles que CIF.

El píxel (del inglés picture element) es la menor unidad en la que se descompone una imagen digital, ya sea una fotografía, un fotograma de vídeo o un gráfico.

A su vez cada píxel necesita un número determinado de bits para reflejar la información de la imagen que contiene. Generalmente, para obtener video de alta calidad se utiliza el modelo de color RGB, en el que se necesitan 24 bits o 3 Bytes por cada píxel para mostrar su color en función de los colores rojo, verde y azul. En la siguiente figura se muestra los 2 tipos de formatos de video y sus respectivas resoluciones.

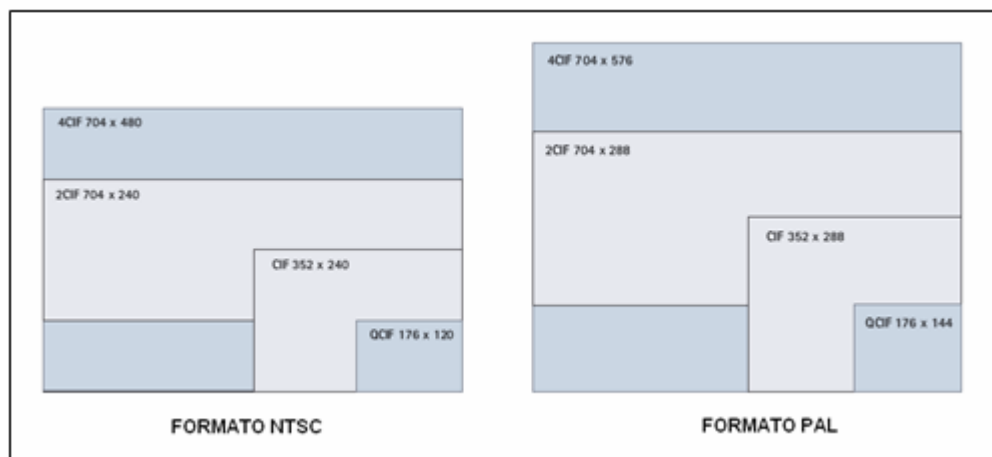


Figura 5.6 Formatos de video [4]

Otro elemento importante que determina la calidad del video es la cantidad de cuadros por segundo, o de imágenes por segundo, que contiene el video. Para que el ojo perciba movimientos continuos de las imágenes, se recomienda un mínimo de 15 cuadros por segundo.

Debido a que la cantidad de información que contiene una imagen de video puede llegar a ser muy alta, y que contiene varias imágenes por segundo, la transmisión de video sin comprimir (al igual que su almacenamiento), no es práctico. Para solucionar este problema se utilizan “codecs” para comprimir el video y disminuirlo a un tamaño con que se pueda transmitir de forma adecuada. Sin embargo, la compresión generalmente implica pérdidas de información y por lo tanto

disminución de la calidad del video. Por esto se debe encontrar un equilibrio entre la calidad del video deseado y el ancho de banda que se requiere para su transmisión.

Unos de los “codecs” compresores de video más utilizados, es el MPEG-4, debido a que permite una alta compresión de datos con pocas pérdidas, pudiendo lograr proporciones de compresión de 100:1, manteniendo una calidad aceptable del video. Lo cual se logra realizando compresión intra-cuadro e inter-cuadro.

La compresión intra-cuadro la realiza sobre cada una de las imágenes que conforman el video, utilizando el estándar JPEG. Se pueden lograr proporciones de compresión intra-imagen de 100:1, pero no es recomendable comprimir a más de 10:1 si se desea mantener una alta calidad de las imágenes.

La compresión inter-cuadro se logra porque no almacena todas las imágenes, sino sólo algunas imágenes patrón y la diferencia que tiene el resto de las imágenes con respecto a ellas, eliminando de esta forma una gran cantidad de información redundante.

En su forma básica, MPEG-4 utiliza dos tipos de imágenes, las “I” y las “P”. En las imágenes “I” está contenido un cuadro completo, ya sea que esté comprimido o no. Las imágenes “P” no contienen un cuadro completo, sino la información de la diferencia del cuadro con respecto a una imagen “I”. Las imágenes “P” también pueden ser codificadas con respecto a una imagen “P” anterior en vez de una imagen “I”.

Lo que hace MPEG-4 en su codificación es utilizar el menor número posible de imágenes “I”, que contienen mucha información y un gran número de imágenes “P” que contienen poca información. De esta forma se puede comprimir considerablemente el tamaño de los archivos de video.

Es importante que la codificación y compresión del video se realice de forma dinámica. Esto es necesario porque cuando ocurren muchos cambios en el video que se está grabando, como por ejemplo cuando se hace un “preset” a una cámara que tenga el mecanismo PTZ, o en imágenes donde haya mucho movimiento, el video obtenido es de un tamaño mucho mayor que cuando se están grabando imágenes donde ocurren pocos cambios. motivo por el cual se desea que el factor de compresión se adapte para dar respuesta a estas variaciones y optimizar así el uso del ancho de banda en la red.

Si las cámaras de video tienen salida analógica, es importante utilizar un codificador de video, para poder modificar y comprimir el video de la forma deseada.

En el cálculo de ancho de banda para la transmisión de video de los Centros de Control de Campo (CCC) se parte de la premisa de que el video obtenido de las cámaras del sistema de CCTV debe tener las siguientes características mínimas según lo convenido por PDVSA:

- Resolución 2CIF (NTSC)= 704 X 240 píxeles por imagen.
- Vídeo a color utilizando el modelo de color RGB. Requiere 3 Bytes (24 bits) de información por píxel.
- 15 cuadros por segundo (mínimo recomendado por los fabricantes de equipos de televigilancia).
- Compresión MPEG-4.

El ancho de banda (BW) que requiere la transmisión de video por cada cámara sin compresión se obtiene de la siguiente manera:

$BW = n^{\circ} \text{ píxeles por cuadro} \times n^{\circ} \text{ Bytes por píxel} \times n^{\circ} \text{ cuadros por segundo}$

$$BW = 704 \times 240 \times 3 \times 15 = 7,60 \text{ MBps} = 60.83 \text{ Mbps}$$

Como se puede observar por el valor obtenido es conveniente comprimir el video para ser transmitido y almacenado. La compresión se realiza utilizando JPEG con una Compresión Intra-cuadro 10:1, que es valor máximo de compresión recomendado por la UITT H.264 para que no haya pérdida de información.

$$BW = 60,83/10 = 6,08 \text{ Mbps}$$

Se realiza una compresión Inter-cuadro 10:1 utilizando MPEG-4 para las situaciones de alarma, en las que se requiere un alto ancho de banda. Se obtiene entonces un ancho de banda igual a:

$$6,08/10 = 0,6 \text{ Mbps}$$

Para situaciones normales, donde hay pocos cambios en el video, se realiza una compresión Inter-cuadro 15:1. Se obtiene entonces un ancho de banda igual a:

$$6,08/15 = 0,4 \text{ Mbps}$$

Estos son valores estándar para compresión de video, en los que no hay una pérdida significativa de información de las imágenes al ser codificadas.

Bajo el criterio de la UIT-T H.264 en cuanto a la reserva por encabezado y pérdida de información, se recomienda estimar un 20 % de ancho de banda adicional al valor calculado. Este es utilizado por los protocolos de transmisión y control de datos, para los encabezados e información necesaria para la correcta transmisión de video. Se obtiene entonces un valor de 0,73 Mbps, para las situaciones de alarma y

0,49 Mbps, que se va a aproximar a 0,5 Mbps para las situaciones normales, por cada cámara del sistema de CCTV. Valores de ancho de banda inferiores pueden implicar disminución de la calidad de video, así como retardos, distorsión y pérdidas de información.

5.4.1.2 Cálculo de ancho de banda para la transmisión de audio en el sistema SIP

La transmisión de audio en redes de comunicación requiere generalmente un ancho de banda mucho menor que la de video.

Para estimar el ancho de banda necesario para audio, se toma referencia el estándar G.711, que realiza una codificación para la que se necesita uno de los mayores anchos de banda en comparación con el resto de los estándares utilizados en el mercado. En el estándar G.711 se muestrea la señal de audio a una tasa de 8000 muestras por segundo, utilizando 8 bits de información por muestra, el ancho de banda (BW) neto necesario es entonces:

$$BW = 8000 \times 8 = 64 \text{ kbps}$$

Según la UIT-T H.264a igual que para el sistema de video se recomienda estimar un 20% de ancho de banda adicional al valor calculado para la transmisión de audio. Este es utilizado por los protocolos de transmisión y control de datos, para los encabezados e información necesaria para la correcta transmisión de audio. Se obtiene entonces un valor de 78 kbps por cada “stream” de audio o voz sobre IP.

Tabla 5.10 Consolidado de ancho de banda requerido para el SIP [Fuente propia]

Ancho de banda para la transmisión de video.	
➤ Situaciones de alarmas	0.73 Mbps
➤ Situaciones normales	0.5 Mbps
Ancho de banda para la transmisión de audio.	
➤ Situaciones de alarmas	78 Kbps
➤ Situaciones normales	78 Kbps

Se puede ver en la tabla 5.10 que el ancho de banda necesario para la transmisión de audio es mucho menor que el necesario para la transmisión de vídeo.

5.4.2 Sistema de Videoconferencia.

Como parte de los avances en materia de comunicación que ha venido desarrollando PDVSA en todo el territorio Nacional, el sistema de videoconferencia es uno del más reciente, el contar con este sistema permite mantener enlaces en tiempo real con las distintas sedes operativas del país.

La videoconferencia permite un alto nivel dentro de la relación de interactividad y productividad de cualquier empresa según se observa en la siguiente tabla.

Tabla 5.11 Relación entre interactividad Vs. producción en los medios de comunicación laboral. [24]

	Cuándo	Colaboración	Valor	
INTERACTIVIDAD	Primeras reuniones	En Persona	Mayor Impacto	PRODUCTIVIDAD
	<ul style="list-style-type: none"> • Reuniones Interinas • Generar decisiones • Experticia • Grandes audiencias 	Salas de Videoconferencia	<ul style="list-style-type: none"> • Rápido • Confiable • Amplia cobertura 	
	Explicaciones detalladas	Conferencias Basadas en Web	Más Data	
	Rápido, mensajes cortos	Mensajería Instantánea	Instantánea	
	Comunicaciones estándares	Voz	Familiar	
	Mensajes no sensibles al tiempo	E-mail	Ubicuo	

En este presente diseño se contempla el ancho de banda necesario para establecer conexión con las tres (3) sedes operativas del Estado Sucre.

Según los estándares de PDVSA el sistema de videoconferencia debe cumplir con las siguientes características:

- Los FPS deben de ser lo mas altos posibles para así garantizando que exista poca perdida en las imágenes.
- Debe soportar resoluciones NTSC comprendidas entre la 352x240 CIF, 704x240 2CIF y 704x480 4CIF.
- El tipo de compresión debe asegurar que aunque sea la mas alta, no ocasione perdida visible de la imagen o a su defecto trabajar sobre High Definition (HD).

Conociendo las principales características para el sistema de videoconferencia y según las formulas para el cálculo de ancho de banda se completa la siguiente tabla:

Tabla 5.12 Ancho de Banda según características de compresión. [Fuente Propia]

Frame rate	Resolution	Compression type	Compression	Bandwidth
30	704x480 4CIF	MotionJPEG	10	10008Kbit/s
30	704x480 4CIF	H.264	10	797Kbit/s
30	704x480 4CIF	H.323	10	384 Kbit/s
30	704x480 4CIF	MPEG-4	10	2632Kbit/s

Tomando el método de compresión H.323 como la mejor opción homologada por para el sistema de videoconferencia PDVSA a nivel nacional. Ya que además cuenta que desde sus inicios ha sido la mejor herramienta utilizada para el transporte de aplicaciones multimedia en LANs (Red de área local), pero ha evolucionado rápidamente para las crecientes necesidades de las redes de VoIP. Permitiendo así alternar las posibilidades para aquellas empresas que poseen intranet de uso interfiliars.

A continuación en la figura N° 5.7 se muestra la estructura básica de la compresión H.323.

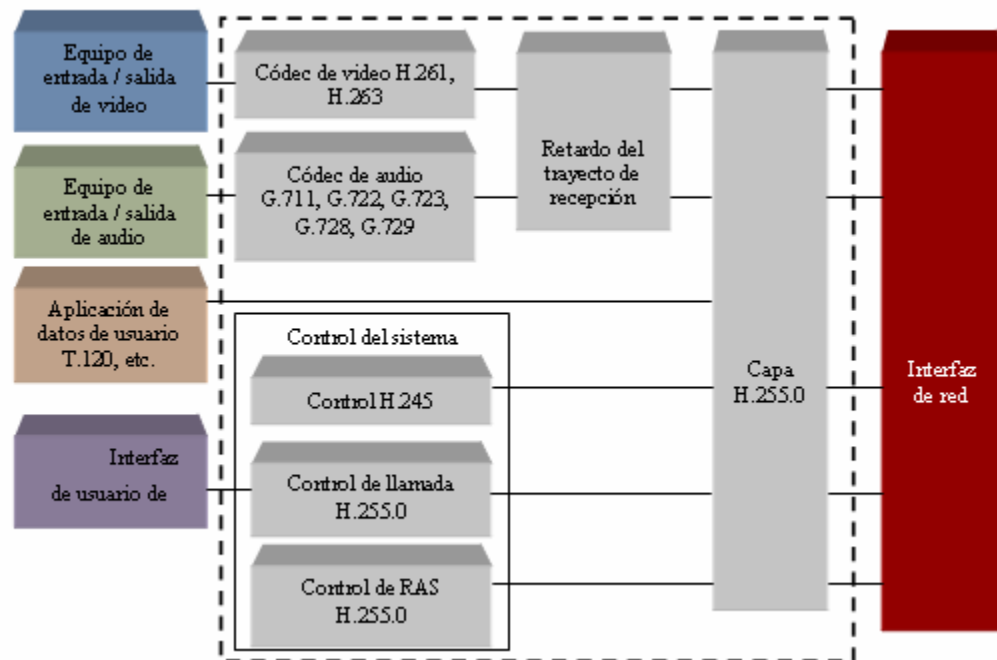


Figura 5.7 Equipo terminal H.323 [25]

5.4.3 Sistema de Voz y Datos

5.4.3.1 Red de Telefonía

La red de telefonía en el Estado Sucre, a la cual se interconectará la fibra óptica OPGW de la línea 230Kv será a través de los nodos situados en las sedes operativas:

- Cumaná: Central Privada (PABX) Marca Ericsson modelo MX-One y Centrales Telefónicas Global IP bajo sistemas Asterix.
- Carúpano: Central IP pura Marca Asterix version 1.0
- Guiria: Central Privada (PABX) Marca Ericsson modelo MD-110, BC-12.

- ▶ Puerto la Cruz: Central privada (PABX), de la marca Ericsson, modelos MD-110, nivel de actualización de software 12,0. La interconexión con la red de CANTV para el discado Directo Entrante (DDE) se realiza a través de E1.

5.4.3.2 Red de Datos

La red de Datos de PDVSA, está conformada por nodos prómima y Nodos ATM. El protocolo de Red es TCP/IP. Los equipos que conforman la red de enrutadores (Routers) son de la marca Cisco Systems.

5.4.3.3 Estimación del sistema de Voz y Datos en el Estado Sucre

Bajo el censo proyectado por las actividades de crecimiento en materia de exploración y producción costa afuera la estimación de los servicios de voz y datos está expresada a través de los posibles ingresos pautados para los próximos años.

Según la data manejada sobre el personal activo, se puede estimar los niveles de operatividad que tendrá el sistema de voz y datos cursantes en la Intranet PDVSA en el Estado Sucre.

En la siguiente tabla se muestran los equipos instalados en el Estado Sucre así como su capacidad y disponibilidad para el 2009.

Tabla 5.13 Plataforma actual de telefonía en el Estado Sucre.[23]

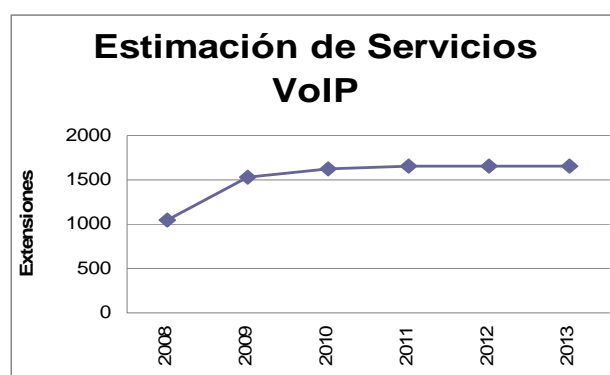
DISTRITO	CENTRAL	CAPACIDAD	CONFIGURADAS	DISPONIBLES
Cumaná	Ericsson (LA)	256	98	158
	Ericsson (LD)	102	47	55
	Central IP	500	250	250
Carúpano	Central IP	500	270	230
Guiria	Ericsson (LA)	304	240	64
	Ericsson (LD)	48	48	0
	Central IP	500	100	400
TOTAL		2210	1053	1157

En consideración del censo actual del uso de la plataforma de telefonía se expone en la siguiente gráfica la estimación de la fuerza laboral y planificación de ingresos para el periodo 2007 - 2013.

Tabla 5.14 Fuerza laboral y planificación de ingresos para el período 2007 – 2013

[23]

Usuarios (personas)	Año
1053	2008
1526	2009
1619	2010
1654	2011
1654	2012
1654	2013



5.5 Especificaciones técnicas nodos ópticos

La red óptica a la cual se interconectarán los nodos objeto de este estudio de investigación está conformada por Multiplexores SDH ADM de nueva generación. Por lo que para cumplir con las políticas de arquitectura de transmisión de datos que rigen las telecomunicaciones dentro de PDVSA se recomienda que las características técnicas mínimas requeridas para los equipos propuestos en este proyecto sean las siguientes:

Los ADM de acceso, multiplexación y transmisión de señales del tipo Add/Drop, (Multiplexor Add/Drop) con tecnología SDH, poseerán capacidad de transmisión constante en el backbone de STM-64.

La conexión se realizará a través de fibra monomodo (1550 nm), capacidad mínima de transferencia de datos en puertos agregados de 10 Gbps (STM-64). A través de los puertos tributarios deberá proporcionar las interfaces de acceso requeridas y especificadas en este documento. El equipo deberá estar provisto con fuentes de poder redundantes. Deberán disponer de una Interfaz Lógica de Usuarios o interfaz de línea de comandos que permita la configuración y monitoreo local, remoto y a través de TCP/IP.

- Capacidad de implementar varios tipos de topologías: punto a punto, lineal, anillo y anillos múltiples.
- Operar a cuatro (4) fibras con redundancia en comunicaciones, (utilizando dos tarjetas).
- Capacidad de migrar a jerarquías superiores sin cambios de software, con solo la inclusión del módulo correspondiente a la jerarquía requerida.

- Capacidad de operar como Multiplexor Add/Drop, Multiplexor terminal o SDC (Synchronous Digital Cross-connects), según el tipo de equipo que se amerite en el sistema.
- Capacidad para interconectarse con redes ATM.
- Soporte de cross-conection de Contenedores Virtuales VC-12, VC-4 y VC-3.
- Disponer de una Matriz de conmutación sin bloqueo cuya capacidad pueda ser ampliable y redundante.
- Capacidad instalada para soportar interconexión con sistemas DWDM.
- Permitir la verificación de hardware y operación del equipo directamente a través de leds indicadores externos.
- Capacidad de configurar las alarmas estableciendo sus niveles de activación; manejo de alarmas con niveles de jerarquía, según su naturaleza e impacto en la operación de los equipos. Las alarmas generadas en cada uno de los equipos serán reconocidas y eliminadas del log de fallas automáticamente en el equipo una vez sea resuelta la falla.
- Capacidad de detección y manejo de alarmas orientadas a la operación y estado de los equipos ADM en forma local a través del CLI y remotamente por medio del sistema de gestión centralizado.
- Capacidad de jerarquizar las fuentes de sincronismo y operar con fuentes de sincronismo internas, externas y a través de los módulos de agregados (STM-1/STM-4/STM-16) y módulos tributarios (2 Mbps).
- Capacidad de soportar SSM (Mensajes de estatus de sincronización).
- Los equipos deben operar con fuentes de alimentación redundantes.

- La alimentación proporcionada en cada nodo será de -48 VDC \pm 10%, 120 VAC \pm 10%, 220 VAC \pm 10%.
- Los equipos ADM dispondrán al menos de ocho (8) entradas y ocho (8) salidas de alarmas de contacto seco, las cuales podrán ser configuradas y monitoreadas desde la Interfaz lógica de usuarios de los equipos y desde el sistema de gestión centralizado. El estado de los contactos (normalmente abiertos o cerrados) podrá ser configurado desde el sistema de gestión.
- La migración para interfaces de jerarquías superiores debe ser mediante el reemplazo de módulos o tarjetas.
- MTBF (Mean Time Between Failures, Tiempo Medio entre Fallas) igual al 99,9999%.
- Brindar las interfaces de acceso (tributarias) requeridas en cada uno de los nodos que conforman a la red de acuerdo a la Matriz de tráfico caracterizada de los nodos indicada en la capítulo V (subcapítulo 5.7) de este proyecto:
 - Capacidad de soportar señales STM-1, STM4, STM-16 y STM-64 ópticas y eléctricas.
 - Capacidad de soportar señales PDH (1.5 Mbps, 2 Mbps, 34 Mbps) eléctricas.
- Para el soporte de tráfico Ethernet sobre SDH:
 - Soporte de Concatenación Virtual, acorde con la ITU-T G.707 y posteriores, que permita agrupar cualquier número de señales STM-n y de mejor jerarquía como un único flujo SDH, con la finalidad de transmitir eficientemente tramas

Ethernet de 10, 100 y 1Gbps. La concatenación deberá permitir granularidad, es decir, configuración de VC para tráfico Ethernet de n*VC-12, n*VC-4 y n*VC-3.

- Soporte de tráfico Ethernet a través de interfaces capa 2 de 10/100 BaseT eléctricas, 100/1000 BaseT eléctricas y ópticas (FX y SX) y Giga Ethernet ópticas, capa 2.
 - Los puertos Ethernet soportan VLAN en capa 2 (switching) acorde con la recomendación 802.1q y manejo de Calidad de Servicio (QoS) y soportan mapeo en n*VC-12, n*VC-4 y n*VC-3 acorde con la capacidad máxima del backbone de cada sub-red. Los módulos de acceso de 10/100 BaseT deberán disponer de un mínimo de ocho (8) puertos.
- El Contratista podrá presentar como funciones adicionales cualquier otra técnica de Mapping de tráfico Ethernet sobre SDH tales como:
- Soporte de Protocolo de Enramado Genérico GFP (Generic Framing Procedure), acorde con la ITU-T G.704-1 y normas posteriormente aprobadas, que permita que cada paquete de la trama SDH operar bajo su propio tipo de protocolo, por lo que resulta posible transmitir sobre él mismo diferentes tipos de protocolos y tráfico.
 - Soporte de LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme) acorde con la recomendación ITU-T G.7042 para protección lógica de tráfico IP sin utilizar las protecciones tradicionales que dispone SDH.
- El equipo ADM soportará los siguientes servicios Ethernet:

- Servicios punto a punto: E-line y EPL.
 - Servicios punto a multipunto: EVPL.
 - Servicios Multipunto a Multipunto: E-LAN, EPLAN, EVPLAN.
 - Servicios basados en MPLS: VPWS y VPLS.
- Capacidad de proporcionar diversas funciones de protección, entre las cuales se destacan:
- 1+1 MSP para aplicaciones de multiplexor terminal.
 - Protección de rutas lógicas PPS y/o SNCP.
 - Protección MS-Spring (Multiplex Section Shared Protection Ring).
 - Capacidad de proporcionar protección de módulos y/o tarjetas en el equipo.
 - Protección N+1 de tarjetas.
 - Protección 1+1 de tarjetas y/o módulos.
 - Protección de fuentes de sincronismo.
- Tiempo de conmutación de protección MSP menor a cincuenta milisegundos (50 mseg.), Sin afectación en el tráfico.
- Tiempo de conmutación de protección menor a cincuenta milisegundos (50 mseg.).
- Tiempo de conmutación de protección N + 1 y 1+1 de tarjetas y/o módulos menor a diez milisegundos (10 mseg.).

- Tiempo máximo de restablecimiento de falla en el sistema de transmisión menor a cincuenta milisegundos (50 mseg.).
- Disponer de una interfaz de línea de comandos (CLI) para el manejo y la configuración local de los equipos.
- Permitir el acceso local al CLI (Interfaz de Línea de Comandos) del multiplexor con validación de contraseña.
- Verificación local, a través del CLI, de alarmas y eventos lógicos, operación y configuración en tiempo real de los equipos multiplexores y de las tramas SDH.
- Permitir la gestión remota de todos los elementos que conforman a los equipos multiplexores.
- Actualización local y remota del software de cada equipo desde el sistema de gestión centralizado.
- Capacidad de almacenar el perfil (configuración) del equipo y de restaurar dicho perfil en el mismo desde una conexión local y remota.
- Capacidad de realizar cambio de hardware en caliente (Hot Swapping) de todas las tarjetas (tributarios, matriz, abonados).
- Capacidad de realizar lazos locales y remotos a los puertos PDH y agregados (STM-n) para herramienta de pruebas.
- Permitir el almacenamiento de al menos los diez (10) últimos eventos lógicos registrados en los equipos (comandos efectuados, acceso y salida).
- Permitir el almacenamiento local de al menos las diez (10) últimas alarmas registradas en los equipos.

5.6 Estructura del sistema de telecomunicaciones futuro del Estado Sucre.

Basándose en la necesidad de un sistema de comunicación robusto, confiable y sobre todo propio; la ejecución de este proyecto conllevará a subsiguientes etapas que enlazarán todo el Estado Sucre. Estas subetapas dependerán de ingenierías subsiguientes que partirán de las descripciones que se manejan en este trabajo; sin embargo de manera referencial de la magnitud del sistema deseado, se hace visión en la siguiente figura de cómo será (o como se piensa) el sistema de telecomunicaciones para PDVSA en el Estado Sucre.

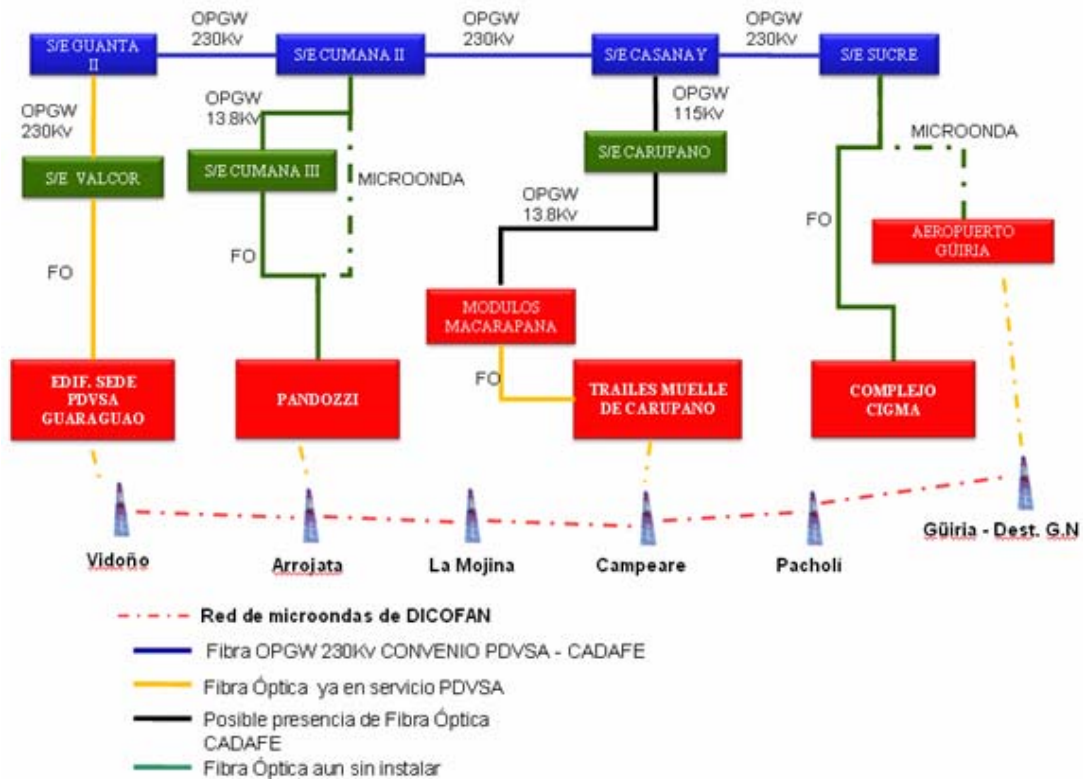


Figura 5.8 Esquema de telecomunicación PDVSA en el Estado Sucre, Visión Futura

[21]

5.7 Matriz de tráfico en sistema óptico OPGW entre diferentes sedes operativas vinculadas con el tendido de 230kv.

De acuerdo a los requerimientos solicitados por la Gerencia de AIT en PDVSA EyP Costa Afuera se requieren de ciertos números de interfases de comunicación y conexiones a redes necesarias en puntos específicos del recorrido de este proyecto. Es así como se logra estructurar las diferentes interfases que conformaran los nodos ópticos de este proyecto y cursaran los datos requeridos por PDVSA en las velocidades y formatos indicados a continuación.

Matriz de Puertos STM-64's

Tabla 5.15 Matriz de Puertos STM-64's. [Fuente Propia]

STM-64's	Sede Guaraguao	Valcor	Guanta II	Cumaná II	Sede Pandozzi	Casanay	S/E Carupano	Muelle Carupano	S/E Sucre	CIGMA	
Sede Guaraguao				1							1
S/E Valcor											0
S/E Guanta II											0
S/E Cumaná II						1					1
Sede Pandozzi											0
S/E Casanay									1		1
S/E Carupano											0
Muelle Carupano											0
S/E Sucre											0
CIGMA											0
	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	

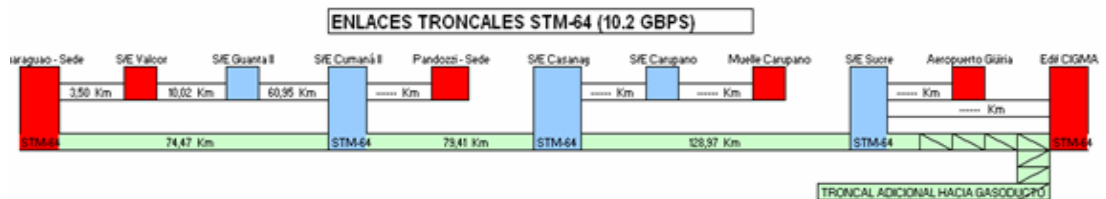


Figura 5.9 Conexiones entre los nodos a STM-64's [Fuente propia]

Matriz Puertos STM-1's

Tabla 5.16 Matriz agregados STM-1's [Fuente propia]

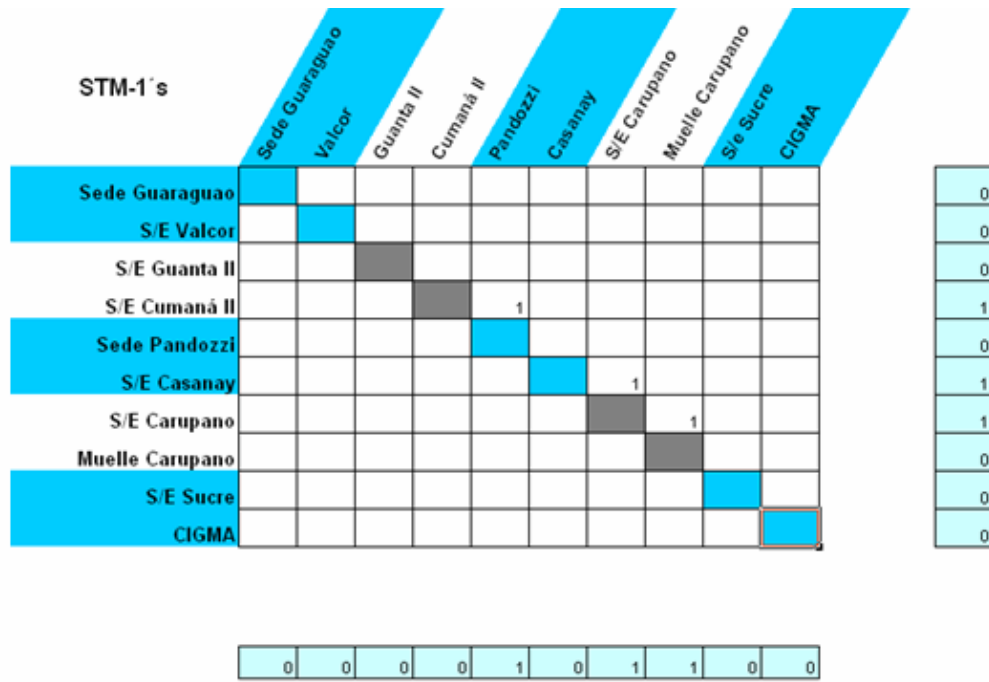


Figura 5.10 Agregado en nodos de STM-1's [Fuente propia]

Matriz Puertos VC-12's

Tabla 5.17 Matriz agregados VC-12's [Fuente propia]

VC-12's	Sede Guaraguao	Valcor	Guanta II	Cumaná II	Pandozzi	Casanay	S/E Carupano	Muelle Carupano	S/E Sucre	CIGMA	
Sede Guaraguao											0
S/E Valcor											0
S/E Guanta II											0
S/E Cumaná II						2					2
Sede Pandozzi											0
S/E Casanay									2		2
S/E Carupano											0
Muelle Carupano											0
S/E Sucre											0
CIGMA											0

0	0	0	0	0	2	0	0	2	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

FLUJOS VC-12 REQUERIDOS (2 MBPS)

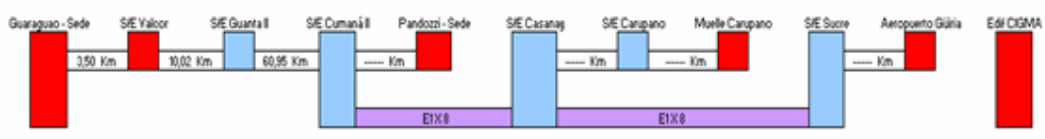


Figura 5.11 Agregado en nodos de VC-12 [Fuente propia]

Matriz de Enlace de 1Gbps Ethernet

Tabla 5.18 Matriz Puertos 1Gbps Ethernet [Fuente propia]

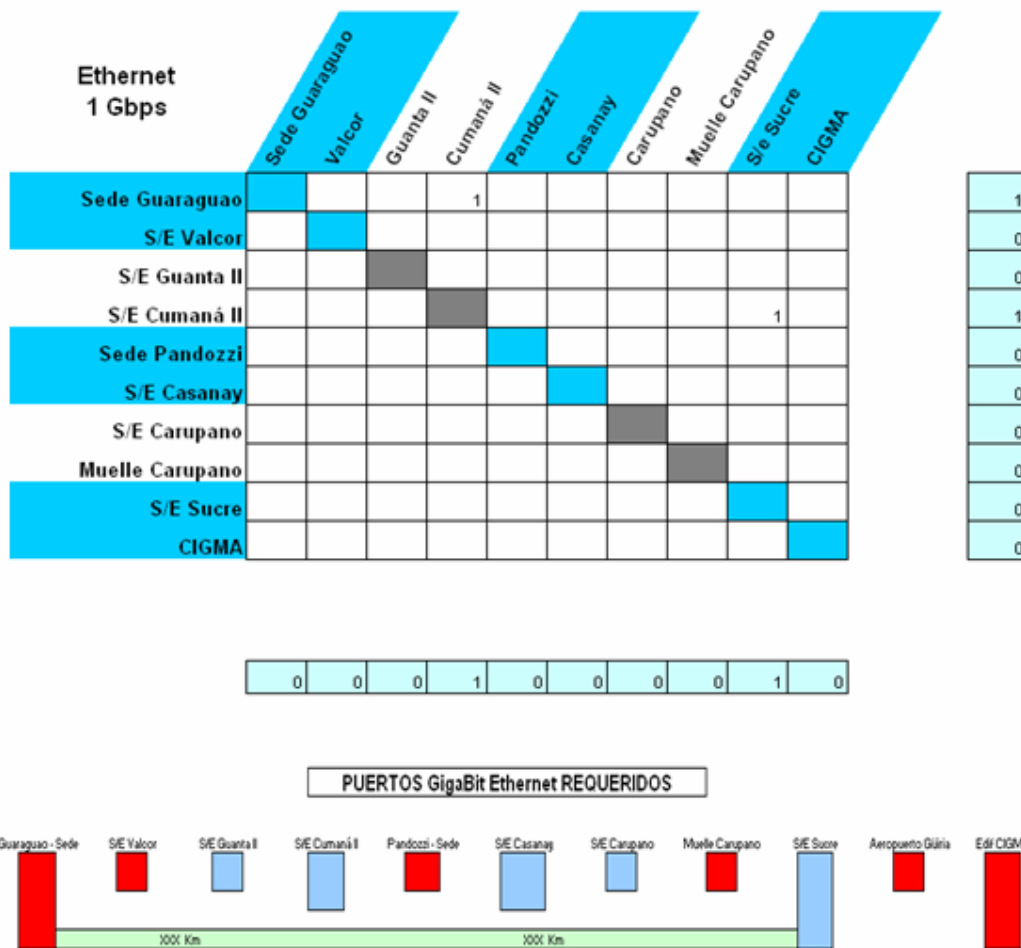


Figura 5.12 Puertos en los nodos a 1Gbps Ethernet [Fuente propia]

Matriz de Puertos 100 BASET

Tabla 5.19 Matriz Puertos 100Mbps [Fuente propia]

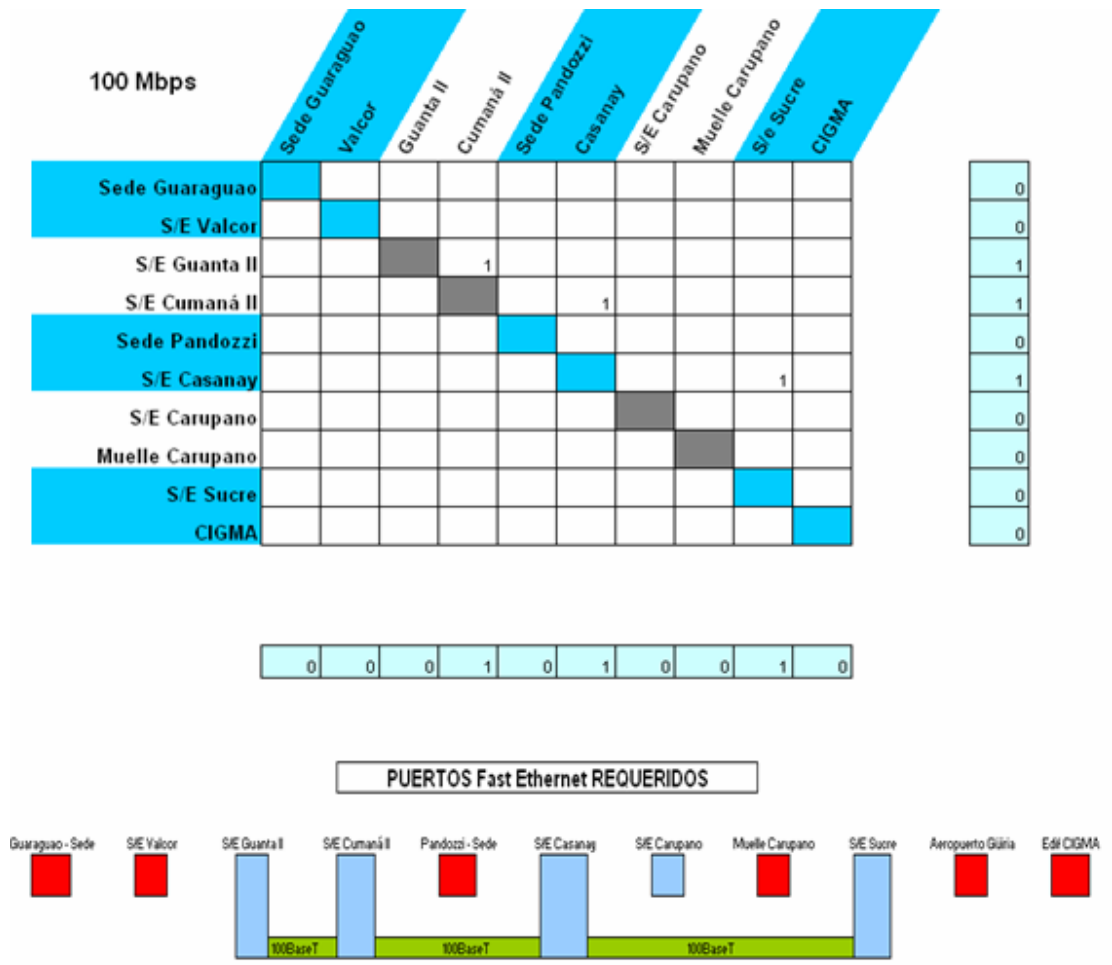


Figura 5.13 Puertos 100 BASET en Nodos. [Fuente propia]

5.8 Consolidado de requerimientos en nodos

Bajo el criterio de un plan de proyecto, el consolidado de equipamiento en cada uno de los nodos es la base a utilizar para elaborar el plan de licitación, el cual

debería centrarse en aquellas compañías de servicios ópticos que puedan suministrar los equipos dispuestos para el sistema de telecomunicación diseñado.

Estos equipos permitirán comparar el impacto económico este proyecto frente a seguir con la dependencia de entes externos para poder surtir a las 3 sedes operativas de sistema de telecomunicación.

En la siguiente tabla, se percibe el consolidado de la cantidad de tarjetas agregadas en cada nodo, ubicado en el recorrido de la línea de 230Kv perteneciente al convenio PDVSA - CADAPE .

Tabla 5.20 Matriz de Tráfico Consolidado (tarjetas requeridas) [Fuente propia]

	Flujos VC-12	Puertos 100 BASET	Tributario STM-1	Troncales STM-64	Puertos 1GB E
Sede Guaraguao				1	1
S/E Valcor					
S/E Guanta II		1			
S/E Cumaná II	1	1	1	2	
Sede Pandozzi					
S/E Casanay	1	1	1	2	
S/E Carupano					
Muelle Carupano					
S/E Sucre	1	1		1	1
CIGMA					
	3	4	2	6	2

5.9 Consolidado de requerimientos en nodos – cómputos métricos.

COMPUTOS METRICOS
PROYECTO FIBRA CONVENIO PDVSA-CADAFE OPGW MAYO 2009

ITEM	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	PRECIO UNIT \$	TOTAL \$	TOTAL Bs.
1	Multiplexor Óptico SDH STM-64, Nueva Generación	El Multiplexor óptico, pertenecerá al Nodo A, el equipo deberá estar compuesto por: Matriz de Tráfico, fuente de alimentación y controladora (todos con redundancia). Cantidad de Servicios del Nodo: E1 (2Mbps): 0 ; E3 (34): 0 ; Ethernet (10/100): 0 ; Giga Ethernet: 1 ; STM-1 (155 Mbps): 0 ; STM-4 (622 Mbps): 0 ; STM-64 (10 Gbps): 1 ; ATM SWITCH: 0	1	Equipo			

2	<p>Multiplexor Óptico SDH STM-64, Nueva Generación</p>	<p>El Multiplexor óptico, pertenecerá al Nodo B, el equipo deberá estar compuesto por: Matriz de Tráfico, fuente de alimentación y controladora (todos con redundancia). Cantidad de Servicios del Nodo: E1 (2Mbps): 0; E3 (34): 0; Ethernet (10/100): 1; Giga Ethernet: 0; STM-1 (155 Mbps): 0; STM-4 (622 Mbps): 0; STM-64 (10 Gbps): 1; ATM SWITCH: 0</p>	1	Equipo			
3	<p>Multiplexor Óptico SDH STM-64, Nueva Generación</p>	<p>El Multiplexor óptico, pertenecerá al Nodo C, el equipo deberá estar compuesto por: Matriz de Tráfico, fuente de alimentación y controladora (todos con redundancia). Cantidad de Servicios del Nodo: E1 (2Mbps): 1; E3 (34): 0; Ethernet (10/100): 1; Giga Ethernet: 0; STM-1 (155 Mbps): 1; STM-4 (622 Mbps): 0; STM-64 (10 Gbps): 2; ATM SWITCH: 0</p>	1	Equipo			

4	Multiplexor Óptico SDH STM-64, Nueva Generación	El Multiplexor óptico, pertenecerá al Nodo D , el equipo deberá estar compuesto por: Matriz de Tráfico, fuente de alimentación y controladora (todos con redundancia). Cantidad de Servicios del Nodo: E1 (2Mbps): 1 ; E3 (34): 0 ; Ethernet (10/100): 1 ; Giga Ethernet: 0 ; STM-1 (155 Mbps): 1 ; STM-4 (622 Mbps): 0 ; STM-64 (10 Gbps): 2 ; ATM SWITCH: 0	1	Equipo			
5	Multiplexor Óptico SDH STM-64, Nueva Generación	El Multiplexor óptico, pertenecerá al Nodo E , el equipo deberá estar compuesto por: Matriz de Tráfico, fuente de alimentación y controladora (todos con redundancia). Cantidad de Servicios del Nodo: E1 (2Mbps): 1 ; E3 (34): 0 ; Ethernet (10/100): 1 ; Giga Ethernet: 1 ; STM-1 (155 Mbps): 0 ; STM-4 (622 Mbps): 0 ; STM-64 (10 Gbps): 1 ; ATM SWITCH: 0	1	Equipo			

CONCLUSIONES

- Actualmente PDVSA en el Estado Sucre no cuenta con un sistema de telecomunicación propio y confiable, sirviéndose de la red de microondas del DICOFAN, la cual ya se encuentra en su etapa de obsolescencia.
- El sistema de transmisión en construcción de la línea de 230 Kv tramo Guanta-Guiria garantizará el buen funcionamiento de las obras a realizarse en el Estado Sucre en materia de energía eléctrica, brindando confiabilidad en sus operaciones.
- Se seleccionó las bases, normas y criterios necesarios para la interrelación entre PDVSA y CADAFE, para así mantener cabal cumplimiento del convenio de uso compartido de la red óptica.
- El convenio firmado entre PDVSA y CADAFE, permite adecuar los planes de inversión de ambas compañías a las necesidades del Estado, incorporando como nuevo polo de desarrollo al Estado Sucre.
- PDVSA debe construir una malla de tierra alrededor de cada uno de sus shelter de comunicación para unirse al sistema de puesta a tierra de las subestaciones.
- Los CECON están orientados exclusivamente a la protección, monitoreo y resguardo del personal, activo e instalaciones de la industria.

- El sistema de control de acceso y detección de intrusos (SCA/DI) y el sistema de televigilancia (CCTV) componen el sistema integral de protección (SIP).
- Los CECON locales cuentan con sistemas automáticos digitales y analógicos que monitorean en tiempo real las estaciones de flujo, casetas de oleoductos, estaciones repetidoras, refinerías y oficinas administrativas
- La cantidad de interfases de comunicación y conexiones en cada uno de los nodos a instalarse a lo largo del tendido permitirá gestionar los servicios requeridos por PDVSA en las velocidades y formatos apropiados.
- La construcción de la red óptica OPGW del tendido 230 Kv Guanta – Guiria permitirá la creación del 4to anillo óptico costero, agregando así mayor confiabilidad y robustez a la red óptica de PDVSA en el oriente del país.
- El uso de la tecnología SDH en el desarrollo del presente proyecto garantiza la compatibilidad de plataformas y servicios que maneja PDVSA a nivel de oriente, principalmente al consolidarse el cuarto anillo óptico de la red MUXOR (Multiplexores de Oriente).

RECOMENDACIONES

- Implementar la propuesta descrita en este trabajo; garantiza cubrir las necesidades actuales y futura de PDVSA en el Estado Sucre. Permitiendo así poder contar con un sistema de telecomunicación propio y confiable.
- Ejecutar las normativas y criterios dispuestos en este proyecto, de como debe manejarse la ubicación de los equipos ópticos de PDVSA en cada subestación del tramo Guanta – Cumaná – Casanay – Guiria.
- La correcta integración de cada uno de los componentes del sistema integral de protección (SIP) con el sistema de comunicación, satisface los requerimientos de PDVSA en cuanto a la funcionalidad del sistema.
- La instalación de los denominados Centros de Control (CECON) en el Estado Sucre permitirá el buen funcionamiento y corto tiempo de respuesta del Sistema Integrado de Protección (SIP).
- Emplear el método de soldadura exotérmica para unir las mallas de tierra de los shelter al sistema de puesta a tierra de las subestaciones.
- Los equipos a instalar en cada uno de los tramos deben cumplir con el rango dinámico de recepción establecido en esta propuesta, para así evitar posibles daños en el sistema.

- Aplicar el diseño de la arquitectura de la plataforma de comunicación propuesta; la cual se basa en redundancia, escalabilidad, expandibilidad y modularidad del sistema, brindando seguridad a la hora del envío de información, permitiendo una óptima gestión en el sistema de telecomunicación.
- Instalar los nodos con la cantidad de puertos y tarjetas descritas en este trabajo, ya que fueron tomadas como premisas para el desarrollo de subsiguientes etapas en PDVSA.

BIBLIOGRAFIA

- [1] GOMEZ, O – **Diseño de un enlace por diversidad de ruta utilizando fibra óptica con transmisión SDH entre Santa Ana y Guayaquil** (2000).

- [2] GUTIÉRREZ, W – **Selección de plataforma de comunicación digital para sistemas de transmisión de potencia en las subestaciones del ICE** (2000).

- [3] STALLINGS, W. “**Comunicaciones y Redes de Computadoras**”, Quinta Edición, Prentice-Hall, Madrid,(1997).

- [4] Manual “**The optical voice link**”, Industrial Fiber Optics,(1998)

- [5] AZOCAR, D. “**Propuesta para la mejora del performance de la red de comunicación de la Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui**”, Tesis de Grado, Anzoátegui. (2007).

- [6] PIRELLI CABLES Y SISTEMAS, **Sistema de cableado OPGW. – ESPAÑA.**

- [7] MILLÁN, R. “**La tecnología de transporte SDH**”, Actual nº 16, Prensa Técnica S.A., (1999).

- [8] IEEE Std 142-1991 **Grounding of Industrial and Commercial Power Systems**. Green Book.

- [9] IEEE Std 141-1993 **Electric Power Distribution for Industrial Plants**.

- [10] National Electrical Code. ANSI/NFPA 70-1996. National Fire Protection Association, Batterymarch Park, Quincy MA 12269.
- [11] McGraw-Hill's **National Electrical Code Handbook** (1993). McGraw-Hill. New York NY.
- [12] IEEE Std. 1100 - **IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment**, IEEE Emerald Book.
- [13] IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System, ANSI/IEEE Standard 81, (1983).
- [14] Earth Ground Resistance Testing for Low-Voltage Power Systems. K. M. Michaels. IEEE Transactions on Industry Applications Jan/Feb (1995).
- [15] Electrical Transmission & Distribution Reference Book. Westinghouse (1955).
- [16] IEEE Std 80-1986 Guide for Safety in AC Substation Grounding.
- [17] Presentación anual de la División Costa Afuera (2009) – Estructura Organizativa.
- [18] PDVSA. “**Manual de Ingeniería de Diseño – N-201 Obras Eléctricas Vol 04.1**” ABB Network Mangement. Febrero (1994).
- [19] PDVSA. “**Manual de Ingeniería de Diseño – N-252 Especificación General para el Diseño de Ingeniería Eléctrica Vol 04.1**” ABB Network Mangement. Junio (1998).

- [20] PDVSA. “**Manual de Ingeniería de Diseño – N-90619.1.091 Puesta a Tierra y Protección Contra Sobretensiones Vol 04.3**” ABB Network Mangement. Diciembre (1998).
- [21] CONVENIO DE COOPERACIÓN CADAFE – PDVSA. Marzo (2007).
- [22] Presentación Red de Telecomunicación y transporte contingente de Radios PDH PDVSA – ORIENTE. Gerencia AIT.
- [23] Presentación Detallada del Sistema Telecomunicación AIT en el Estado Sucre. (2008).
- [24] Presentación Proyecto Videoconferencia PDVSA Marzo (2006).
- [25] UIT-T H.323. Sistemas de comunicación multimedia basados en paquetes.
- [26] Technical Proposal for Composite Fiber Optic Overhead Ground Wire (NZDSF: Stainless Steel Loose Tube type)
- [27] Ingeniería de Detalle INTELCOM. **Plataforma de Telecomunicaciones por fibra óptica para gasoductos SGMI (Suministro De Gas Mercado Interno)**. Mayo (2007).
- [28] NORMA TÉCNICA PDVSA. “**Recomendaciones en los sistemas de telecomunicación**”.
- [29] Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (UIT-T) - Reglones g, h, k, l.

- [30] The Institute of Electrical and Electronics Engineers. 802 and std.
- [31] American National Standards / Institute Telecommunications Industry Associations / Electronics Industries Associations (ANSI/TIA/EIA)
- [32] Normas IEC – (**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION**)

GLOSARIO

DEFINICIONES

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing): Técnica de modulación digital. También llamada modulación por multitono discreto, en inglés Discreet Multitone Modulation (DMT), es una modulación que consiste en enviar la información modulando en QAM o en PSK un conjunto de portadoras de diferente frecuencia. Debido a las características de esta modulación, las distintas señales con distintos retardos y amplitudes que llegan al receptor contribuyen positivamente a la recepción, por lo que existe la posibilidad de crear redes de radiodifusión de frecuencia única sin que existan problemas de interferencia.

UTP (Unshielded Twisted Pair): Tipo de cable de cobre comúnmente usado en cableado de redes de datos y de voz. Consiste en pares de cables trenzados para reducir el ruido.

OSI, Modelo: Modelo de red que se basa en la existencia de capas. La comunicación ocurre solo entre capas adyacentes. En particular se definen siete capas o Layers.

Layer 7: Capa de aplicaciones: Esta es la capa donde se define la calidad de servicio, identificación de usuario y privacidad.

Layer 6: Capa de Presentación: Esta capa es usualmente parte de un sistema operativo, que convierte la información entrante y saliente de un modo de presentación a otro (por ejemplo una cadena de texto en una ventana que muestra el texto recién llegado). Algunas veces es llamada la capa de sintaxis.

Layer 5: Capa de sesión: Esta capa establece, coordina, y termina las conversaciones, intercambios y diálogos entre aplicaciones en cada extremo. Se ocupa de la coordinación y conexión de las sesiones.

Layer 4: Capa de Transporte: Esta capa maneja las comunicaciones y el control de errores de extremo a extremo.

Layer 3: Capa de Red: Esta capa maneja el enrutamiento de la información (enviándola en la dirección correcta al destinatario apropiado y recibéndola a nivel de paquetes) .

Layer 2: Capa de Enlace: Esta capa proporciona sincronización para el nivel físico y hace correcciones a nivel de transmisión. Tiene el control y manejo de las transmisiones.

Layer 1: Capa Física: Esta capa transporta las cadenas de bits a través de la red a nivel eléctrico y mecánico. Proporciona el medio físico de enviar y recibir información en un sistema.

IP (Internet Protocol): Método o Protocolo mediante el cual la información es enviada de una computadora a otra en Internet. Cada computadora (conocida como host) posee al menos una única dirección IP que la diferencia del resto de las computadoras en Internet. En el modelo de comunicaciones de la OSI IP esta en la capa 3 (Capa de Red).

TCP: Protocolo de control de capa 4 (capa de Transporte del modelo OSI) usado en conjunción con IP representa uno de los protocolo más comunes. Mientras IP define la transmisión real de la información, TCP se encarga de reagrupar y reordenar las

unidades de información (llamadas paquetes) que pudieron haberse desordenado en el camino, debido a la naturaleza de la red.

Ethernet: Red de medio compartido definido por la IEEE, donde una sola computadora transmite a la vez. Proporciona velocidades de transmisión hasta 10 Mbps. Se puede instalar sobre cable coaxial (10BASE-2) o sobre par trenzado (10BASE-T).

IPX (Internetwork Packet eXchange): Protocolo desarrollado por Novell, usado en redes Netware.

SNMP (Simple Network Management Protocol): Protocolo de gestión de redes. Usado sobre redes TCP/IP

ARP (Address Resolution Protocol): medio por el cual un elemento de capa 3 (p.e. IP) conoce una dirección de capa 2 (p.e. Ethernet).

10BASE-T: Abreviatura para definir la conexión física de una red LAN a 10 Mbs a través de un cable UTP terminado en un conector RJ-45 en ambos extremos.

Mbps (Mega bit por segundo): Unidad de Medida de Velocidad de un enlace digital, equivale a un millón de bits pasando en un segundo por un medio digital.

Bit: Unidad mínima de información digital.

PAN (Personal Area Network): Redes para interconexión de dispositivos personales (PDA's, portátiles...) a muy corto alcance (<10 metros), baja velocidad (<1 Mbps) y con necesidad de visión sin obstáculos.

LAN (Local Area Network): Redes para interconexión corporativa (oficinas, escuelas...) con cobertura de entorno a 100 metros y velocidad entre 2 y 54 Mbps.

MAN (Metropolitan Area Network): Redes usadas típicamente para interconexión de distintas oficinas de una misma empresa en el radio de una ciudad (aprox. 20 metros), cubriendo unas velocidades de hasta 150 Mbps.

WAN (Wide Area Network): Colección de redes conectadas a través de una subred con un área de cobertura que puede oscilar entre los 100 y los 1000 Kilómetros y unas velocidades entre 10 y 384 Kbps.

MBWA (Mobile Broadband Wireless Access): Redes inalámbricas para acceso de Banda Ancha.

Backbone: Estructura de transmisión de datos de una red o conjunto de ellas, que forman el troncal principal de un sistema de transmisión de datos.

STM-1: módulo de transporte síncrono con capacidad de transmisión de 155 Mbps. Generalmente se designa como STM-n. La n representa la jerarquía síncrona correspondiente.

STM-4: módulo de transporte síncrono con capacidad de transmisión de 622 Mbps. Generalmente se designa como STM-n. La n representa la jerarquía síncrona correspondiente.

STM-16: módulo de transporte síncrono con capacidad de transmisión de 2,5 Gbps.

STM-64: módulo de transporte síncrono con capacidad de transmisión de 10 Gbps.

MSP: protección física automática de los módulos agregados o principales de los equipos multiplexores. Un módulo actúa como backup del otro.

SDH: Estándar europeo para transmisión digital a alta velocidad. Contiene las recomendaciones del ITU-T, antiguamente CCITT: G.707, G.708, G.709 y G.781, en las cuales se define una señal de multiplexado elemental STM-1 a 155.552 Kbit/s, base de la normalización de normas europeas y americanas de multiplexado.

PDH: estructura de jerarquía digital asumida por el ITU-T, que permite el intercambio de información entre países con diferentes estándares. Hay diferentes procedimientos de multiplexado en Europa y en EE.UU.

GPS: Sistema que permite determinar el posicionamiento de elementos sobre la superficie de la tierra utilizando para ello satélites. Este elemento permite proveer externamente reloj o sincronismo a redes síncronas, incluyendo las redes SDH.

SNCP: Punto de control de nodo simple, se refiere a un esquema de protección que puede ser iniciada en un extremo de la ruta y llegar hasta un nodo intermedio.

ABREVIATURAS

ANSI	(Instituto nacional Americano de estándares)
ASTM	(Sociedad Americana para pruebas y materiales)
CEN	(Código Eléctrico Nacional)
CIR	(Tasa de Información Mínima Garantizada)
COVENIN	(Comisión Venezolana de Normas Industriales)
EIA	(Alianza de Industrias Electrónicas)
ETSI	(Instituto de Estándares de Telecomunicación Europeo)
FOTP	(Procedimientos de Pruebas de Fibra Óptica)

GPS	(Sistema de Posicionamiento Global)
GFP	(Procedimiento de Encapsulamiento Genérico)
IEC	(Comisión Internacional de Electrotecnia)
IEEE	(Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)
ITU-T	(Unión Internacional de Telecomunicaciones- Sector de Estándares)
ODF	(Gabinete de Distribución Óptico)
PDVSA	(Petróleos de Venezuela S.A.)
UTP	(Pares trenzados sin malla)
ADM	(Multiplexor Add/Drop)
IP	(Internet Protocol)
LAN	(Local Area Network)
MAC	(Media Access Control)
MBS	(Maximum Burst Size)
MSP	(Multiplexer Switch Protection)
PDVSA	(Petróleos de Venezuela S.A.)
PIR	(Peak Information Rate)
QoS	(Quality of service)
SNMP	(Simple Network Management Protocol)
TCP	(Transmisión Control Protocol)
UPS	(Uninterruptible Power Supplies)
UTP	(Unshielded Twisted-Pair)
VLAN	(Virtual Local Area Network)
WAN	(Wide Area Network)
DFBLD	(Distributed Feedback Laser Diode.)

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:**

TÍTULO	DISEÑO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA OPGW A TRAVÉS DE LAS ESTRUCTURAS DEL CABLE DE GUARDA DE LA LÍNEA 230KV PERTENECIENTE AL CONVENIO DE USO COMPARTIDO PDVSA- CADAFE CORRESPONDIENTE AL TRAMO GUANTA – GÜIRIA.
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
MARTINEZ, C. EDINSON J.	CVLAC: 16.818.636 E MAIL: Edinsonjmc@gmail.Com
	CVLAC: E MAIL:

PALABRAS O FRASES CLAVES:

Diseño

Fibra Óptica

Cable de Guarda

OPGW

Línea 230Kv

Guanta - Guiria

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÀREA	SUBÀREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Eléctrica

RESUMEN (ABSTRACT):

El objetivo de esta investigación es desarrollar una plataforma de comunicación que permita interconectar las principales sedes operativas del Estado Sucre a la red nacional de PDVSA, mediante enlaces de fibra óptica OPGW por medio del cable de guarda de la línea de 230Kv perteneciente al convenio de uso compartido entre PDVSA y CADAFE correspondiente al tramo Guanta – Güiria, con la finalidad de incrementar los servicios y la confiabilidad en la transmisión de información. Para lograr este objetivo se realizaron una serie de análisis en el sistema de comunicación y de los equipos instalados actualmente, así como la disponibilidad de espacio en las subestaciones vinculadas al convenio, aterramiento, pérdidas en la transmisión y cálculos de ancho de banda; necesarios para los servicios requeridos en este proyecto. La implementación de esta propuesta permitirá optimizar la comunicación en las sedes involucradas en este estudio y además servirá como ruta alterna para las gestiones del Complejo Gran Mariscal de Ayacucho (CIGMA) a ubicarse en la ciudad de Güiria.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
PÉREZ M. FRANKLIN.			X		
	CVLAC:	9.979.570			
	E_MAIL				
PEÑA. JOSÉ B.			X		
	CVLAC:	8.021.584			
	E_MAIL				
HERNÁNDEZ. EULOGIO.					X
	CVLAC:	8.337.457			
	E_MAIL				
SERRANO. ENRIQUE.					X
	CVLAC:	2.938.637			
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2009	07	09
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
METADATOS_Edinson_Martinez.doc	Application/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F
G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v
w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: Kristal Center – Cumaná. Gerencia de Automatización,
(OPCIONAL) Informática y Telecomunicaciones. DIS Servicios Comunes

TEMPORAL: 6 **(OPCIONAL)**

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Electricista

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pre-grado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Electricidad

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente - Núcleo de Anzoátegui

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo al Artículo 44 del reglamento de trabajos de grado de la Universidad de Oriente: “Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad y solo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, el cual participará al Consejo Universitario”.

AUTOR
EDINSON MARTÍNEZ

AUTOR

AUTOR

TUTOR
JOSÉ, PEÑA

JURADO
ENRIQUE SERRANO

JURADO
EULOGIO HERNANDEZ

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS

VERENA MERCADO