

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA RED
COMPLETA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES, EN LA ALDEA
SANTO DOMINGO LOS OCOTES, DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA
PAZ, DEL DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ANGEL LEONEL ARRIOLA MORALES
ASESORADO POR EL: ING. CARLOS GUZMÁN SALAZAR
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, MARZO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

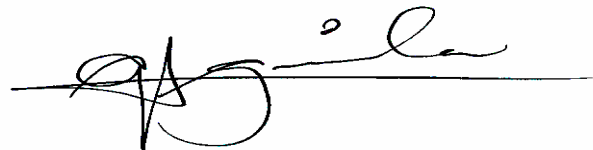
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Mario Ramón Figueroa López
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Renato Escobedo Martínez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA RED
COMPLETA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES, EN LA ALDEA
SANTO DOMINGO LOS OCOTES, DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA
PAZ, DEL DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 12 de agosto de 2005.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Arriola', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

ANGEL LEONEL ARRIOLA MORALES

Guatemala, 2 de Febrero de 2,006.

Ingeniero
Angel Roberto Sic García
Coordinador Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

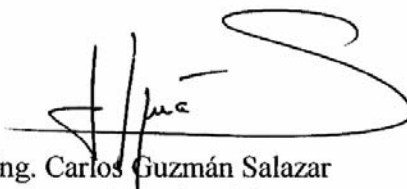
Ingeniero Sic:

Me es grato dirigirme a usted, para informarle que cumpliendo con lo resuelto por la dirección de Escuela, se procedió a la asesoría y revisión del proyecto de EPS de seis meses cuyo informe es el trabajo de graduación titulado "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACION DE UNA RED COMPLETA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN LA ALDEA SANTO DOMINGO LOS OCOTES, DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, DEL DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO", desarrollado por el estudiante universitario Angel Leonel Arriola Morales, con número de carné 55675.

El trabajo presentado por el estudiante, ha sido desarrollado cumpliendo con los requisitos necesarios, siguiendo las recomendaciones de la asesoría, en tal virtud considero que el trabajo ha cubierto los objetivos del estudio planteado, habiendo proyectado criterios de ingeniería en su desarrollo.

En tal sentido me permito informarle que encuentro satisfactorio el trabajo realizado y lo remito a usted para los trámites respectivos.

Sin otro particular me despido de usted, atentamente,



Ing. Carlos Guzmán Salazar
Ingeniero Electricista
Colegiado No. 2762
ASESOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 02 de febrero de 2006
Ref. FPS. D. 042.02.06

Ing. Angel Roberto Sic García
Coordinador Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Sic García.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, ANGEL LEONEL ARRIOLA MORALES, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es titulado "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA RED COMPLETA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN LA ALDEA SANTO DOMINGO LOS OCOTES, DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, DEL DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO".

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Supervisor de FPS
Área de Ingeniería Mecánica - Eléctrica

cc. Archivo
KIER/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 03 de febrero de 2006
Ref. EPS. C. 041.01.06

Ing. Renato Escobedo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Escobedo.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA RED COMPLETA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN LA ALDEA SANTO DOMINGO LOS OCOTES, DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, DEL DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO".

Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario ANGEL LEONEL ARRIOLA MORALES, quien fue asesorado por el Ing. Carlos Guzmán Salazar y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la APROBACION DEL MISMO por parte de asesor y supervisor, ESTA COORDINACION TAMBIEN APRUEBA SU CONTENIDO; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Ser y Enseñar a Todos"

Ing. Ángel Roberto Sic García
Coordinador Unidad de EPS



cc. Archivo
ARSG/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Guatemala, 16 de FEBRERO 2006.

FACULTAD DE INGENIERIA

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA
RED COMPLETA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES
EN LA ALDEA SANTO DOMINGO LOS OCOTES, DEL
MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, DEL DEPARTAMENTO
DE EL PROGRESO,** desarrollado por el estudiante, Angel Leonel
Arriola Morales, por considerar que cumple con los requisitos establecidos
para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Solares Peña
Coordinador Area de Electrónica

JCSP/sro



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, al trabajo de Graduación del estudiante; Angel Leonel Arriola Morales titulado: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA RED COMPLETA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN LA ALDEA SANTO DOMINGO LOS OCOTES, DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, DEL DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO,** procede a la autorización del mismo.


Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
DIRECTOR



GUATEMALA, 23 DE FEBRERO 2,006.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 052-2006.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACION DE UNA RED COMPLETA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES, EN LA ALDEA SANTO DOMINGO LOS OCOTES, DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, DEL DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO**, presentado por el estudiante universitario **Angel Leonel Arriola Morales** procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, marzo 3 de 2,006

/gdech



DEDICATORIA A:

DIOS	Agradecimiento profundo por ayudarme a seguir adelante y apoyo espiritual para cambiar mi vida.
MI ESPOSA Y MIS HIJOS	Carolina y Leonel Roberto, como un ejemplo a mi esfuerzo.
MIS PADRES	Angel Arriola Estrada y Clara Luz de Arriola, por sus sabios consejos que han formado mi vida.
MIS ABUELITOS	A su memoria, su cariño permanecerá siempre conmigo
MIS HERMANAS Y HERMANO	Olguita, Chiqui, Miriam, Sandri y Estuardo por su apoyo en todo momento.
A MI FAMILIA	Tíos, tías, primos, sobrinos con mucho aprecio.

AGRADECIMIENTO A:

ING. OTTO HURTARTE

ING. CARLOS GUZMÁN

ING. JORGE ARIAS

ING. RODRIGO CIFUENTES

ING. MARCO ANTONIO ESCALANTE

RAÚL VALLADARES

Por compartir aspectos importantes de mi formación universitaria, por su
duradera amistad y buenos consejos

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
GLOSARIO	XII
RESUMEN	XVI
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. MONOGRAFÍA DE LA ALDEA DE SANTO DOMINGO LOS OCOTES DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ DEL DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO.....	1
2. TEORÍA DE TELECOMUNICACIONES E INSTALACIÓN DE LA RED QUE INCLUYE UN SISTEMA DE RED DE CABLE MULTIPAR DE COBRE	3
2.1 Generalidades.....	3
2.2 Cables multipares trenzados.....	5
2.2.1 Reseña histórica, cables de telefonía ...	5
2.3 ¿Qué es un cable trenzado?	6
2.4 Cable multipar trenzado.....	6
2.5 Características de los cables multipares telefónicos	7
2.6 Características eléctricas de los cables multipares... ..	8
2.6.1 Canal de transmisión.....	8

2.6.2	Circuitos de transmisión.....	8
2.6.3	Resistencia del conductor.....	9
2.6.4	Desequilibrio resistivo y capacitivo	10
2.6.5	Resistencia de aislamiento.....	10
2.6.6	Rigidez dieléctrica	10
2.6.7	Capacitancia y capacitancia mutua.....	11
2.6.8	Inductancia.....	12
2.6.9	Conductancia.....	13
2.6.10	Diafonía.....	13
2.6.10.1	Inteligibilidad de la diafonía.....	13
2.6.10.2	Telediafonía y paradiafonía	14
2.6.10.2.1	Telediafonía	14
2.6.10.2.2	Paradiafonía.....	15
2.6.10.2.3	Impedancia característica (Z_0).....	16
2.6.10.2.4	Atenuación.....	17
2.6.10.2.5	Protección contra interferencias.....	17
2.6.10.2.6	Ruido térmico.....	18
2.6.10.2.7	Características mecánicas.....	18
2.7	Características de los conductores.....	19
2.8	Método para tomar la decisión del calibre de los conductores.....	22
3.	INSTALACIÓN DE LA RED DE ENLACE QUE INCLUYE UN SISTEMA DE RED DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA DE LA RED NACIONAL TRANSMISIÓN.....	31
3.1	Origen y evolución	31
3.2	Concepto de fibra óptica.....	32
3.3	¿Cómo funciona la fibra óptica?.....	33

3.3.1	Fibra monomodo	34
3.3.2	Características técnicas	35
3.3.3	Características mecánicas	35
3.4	Aplicaciones de la fibra óptica	36
3.4.1	Redes	36
3.4.2	Telefonía	37
3.4.3	Comunicaciones por satélite Vrs. Fibra óptica	38
3.4.4	Comunicación con fibra óptica	38
3.4.5	Comparación entre de fibra óptica y cables metálicos	39
3.4.5.1	Ventajas y desventajas	40
3.4.5.1.1	Ventajas	40
3.4.5.1.2	Desventajas	41
3.5	Diagrama de bloques del sistema de comunicación por F.O	41
3.5.1	Propagación de la luz	43
3.6	Velocidad de propagación	44
3.6.1	Índice de refracción	44
3.7	Modo de propagación de luz	36
3.8	Potencia óptica	47
3.9	Provisión para enlace en el sistema de fibra óptica	48
3.10	Especificaciones técnicas del cable de fibra óptica a utilizar en el presente proyecto	51
3.10.1	Generalidades	51
3.10.2	Descripción del cable	51
3.11	Dimensiones nominales y peso.....	52
3.12	Características de la fibra óptica.....	52
3.12.1	Fibra monomodo.....	52

4. CONSTRUCCIÓN DEL SITIO DE CELDA QUE INCLUYE LA INSTALACIÓN DE L SISTEMA, PARA LA RED ALÁMBRICA (SHELTER) E INALÁMBRICA (CDMA 450 MHZ)55

- 4.1 Sistemas de energía y tablero de distribución.....55
- 4.2 Código de colores.....55
- 4.3 Cableado.....55
- 4.4 Instalación del tablero56
- 4.5 Colocación de ductos y cableado.....56
- 4.6 Accesorios a utilizar58
 - 4.6.1 Accesorios de entrada.....59
 - 4.6.2 Caja socket.....59
 - 4.6.3 Caja RH.....59
- 4.7 Sistema de fuerza60
 - 4.7.1 Fuerza para unidad de aire acondicionado.....60
- 4.8 Caseta de transmisión.....60
- 4.9 Sistemas de tierra acometida, caseta y bases.....61
- 4.10 Sistema de transmisión.....64
- 4.11 Instalación eléctrica.....65
- 4.12 Bases a construir para metrocelda.....66
- 4.13 Generador de emergencia.67
 - 4.13.1 Aplicación e instalación67
 - 4.13.2 Instalación del generador.....68
 - 4.13.2.1 Interruptor de transferencia.....68
 - 4.13.2.2 Conexión del voltaje del generador69
 - 4.13.2.2.1 Conexión de la carga..69
 - 4.13.2.2.2 Balanceo de la carga69
 - 4.13.2.2.3 Conexión a tierra.....70
- 4.14 Especificaciones técnicas del generador.....71

5. SHELTER REMOTO Y UNIDAD DE LÍNEAS DIGITALES	
 CONECTADO POR FIBRA ÓPTICA.....	73
5.1 Introducción	73
5.2 Estructura del shelter.....	76
5.3 Funciones del shelter.....	78
5.3.1 Unidad de líneas digitales (DLU).....	78
5.3.2 Módulos de líneas de abonado	79
5.3.2.1 Interfases V5.1.....	79
5.3.2.2 Equipo de emergencia DLU.....	79
5.3.2.3 Circuito externo de alarma (ALEX).....	80
5.3.2.4 Generación externa del timbrado y medición de	
Voltajes	80
5.4 Pruebas y mediciones.....	80
5.5 Unidad de distribución de líneas digitales.....	81
5.6 Tecnología de transmisión para el DLU	81
5.7 Disposición de los módulos del bastidor en el shelter.....	81
5.7.1 Multiplexor flexible FMX2.....	83
5.8 Equipo de transmisión	85
5.8.1 Transmisión de Jerarquía Digital Síncrona (SDH).....	86
5.8.2 Multiplexor síncrono (SMA1/4)	87
5.8.2.1 Sistema síncrono asíncrono (ALINE).....	88
5.8.2.2 Transferencia asíncrona	88
5.8.3 Transmisión de Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH).....	89
5.9 Equipo terminal de línea óptica (OLTE 8)	90

6.	BREVE HISTORIA DE LA TELEFONÍA CELULAR.....	93
6.1	Generalidades.....	93
6.2	Generaciones de la telefonía inalámbrica.....	94
6.2.1	Primera generación (1G)	94
6.2.2	Segunda generación (2G).....	94
6.2.3	Tercera generación (3G)	95
6.3	Tecnología de acceso celular..	96
6.3.1	Tecnología FDMA	96
6.3.2	Tecnología TDMA.....	97
6.3.3	Tecnología CDMA	97
6.4	Desarrollo en Guatemala de la tecnología CDMA 450.....	97
6.4.1	Ventajas que presenta la atribución de las bandas de frecuencias para ser utilizada por tecnología CDMA 450...	98
6.4.2	Aparato terminal a utilizar.....	100
6.5	Conceptos de GSM y CDMA	100
6.5.1	Generalidades sobre el sistema GSM - Sistema global para comunicaciones móviles -	100
6.5.1.1	Generalidades	100
6.5.1.2	Servicios ofrecidos por la red GSM	101
6.5.1.3	Servicios portadores	102
6.5.1.4	Teleservicios	102
6.5.1.5	Servicios suplementarios	103
6.5.1.6	Equipamiento de una red GSM	103
6.5.1.6.1	Estación móvil	103
6.5.1.6.2	Equipo móvil	103
6.5.1.6.3	Módulo de identidad de abonado	104
6.5.1.6.4	Subsistemas de radio.....	104
6.5.1.6.5	Estación base (BTS)	104
6.5.1.6.6	Controlador de estación base (BSC)...	105

6.5.1.6.7	Subsistema de red (BSC)	105
6.5.1.6.8	Centro de conmutación de móviles	105
6.5.1.6.9	Registro de abonados locales (HLR).....	106
6.5.1.6.10	Centro de autenticación (AUC)	106
6.5.1.6.11	Centro de localización de visitantes.....	106
6.5.1.6.12	Centro de control y mantenimiento.	107
6.5.1.6.13	Interfases de red	107
6.6	Transmisión por radio GSM.....	108
6.6.1	Canales físicos	109
6.6.2	Canales lógicos	111
6.6.3	Canales de tráfico	111
6.6.4	Canales de señalización	111
6.6.5	Sistema CDMA (Acceso Múltiple División de Código).....	112
6.6.6	Canales de CDMA	114
6.7	Repetidores de radio frecuencia	115
6.7.1	Repetidor	115
6.7.2	Elementos básicos para el funcionamiento de un repetidor.	116
6.8	Repetidor de fibra óptica	117

7. LA DEMANDA TELEFÓNICA.....	119
7.1 Obtención y clasificación	119
7.2 Con líneas telefónicas troncales	121
7.3 Pronóstico de la demanda	122
7.4 Factor de penetración	123
7.5 Inventario de la demanda y de las líneas	125
7.6 Demanda real de Santo Domingo Los Ocotes	125
8. COSTO DEL PROYECTO.....	127
8.1 Tabla costo proyecto de red de fibra óptica	129
8.2 Tabla costo proyecto construcción sitio de celda.....	130
8.3 Tabla costo proyecto red de cobre	131
CONCLUSIONES	133
RECOMENDACIONES	135
REFERENCIAS	137
BIBLIOGRAFÍA	139
ANEXOS	141

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Ondas de voltaje y corriente en una resistencia.....	10
2	Ondas de voltaje y corriente en un capacitor.....	11
3	Ondas de voltaje y corriente en un inductor.....	12
4	Disposición de elementos para medidas de telediafonía	14
5	Disposición de elementos para medidas de paradiafonía	15
6	Esquema de la línea, red nueva	22
7	Gráfica para la toma de decisión del calibre.....	25
8	Gráfica para la toma de decisión del límite de atenuación	26
9	Selección del calibre de conductores	28
10	Atenuación longitud y calibre de conductores	29
11	Enlace simplificado de comunicación con fibra óptica	42
12	Ángulos de reflexión y refracción	45
13	Modos de propagación a) Unimodal b) multimodal	46
14	Perfiles de índice	47
15	Sistemas de comunicación por fibra óptica	50
16	Configuración anillo/estrella	75
17	Shelter remoto DLU 1000.....	78
18	Diferentes suministradores de energía	83
19	Uso de interfase vía NT y FMX2	84
20	Equipo de transmisión para la unidad DLU	86
21	Shelter con multiplexores OMX16	90
22	Estructura de una red GSM	108

23	Esquema de acceso para el sistema GSM	110
24	Principios del espectro expandido.....	113
25	Canal CDMA	114
26	Esquema básico del funcionamiento de un repetidor	116
27	Repetidor de fibra óptica	118
28	Red de fibra óptica de Santo Domingo Los Ocotes	137
29	Red de posteoado	138
30	Red de fibra óptica de la red nacional de transmisión.....	139
31	Posteoado de la fibra óptica	140
32	Pruebas de mediciones en la instalación de la fibra óptica.....	148
33	Pruebas de mediciones	149
34	Planos de la red de cobre.....	152
35	Plano de canalización y posteoado.....	153
36	Plano de ingreso de la fibra óptica al sitio de celda (E1)	156
37	Plano de planta de energía.....	157
38	Plano de bases y equipo.....	158
39	Plano de elevación de tableros de energía.....	159
40	Plano de planta de tierras.....	160
41	Sección de fibra óptica a utilizar	162

TABLAS

I	Protocolos actuales y capacidad de transmisión.....	5
II	Conductores sólidos de cobre para telefonía	20
III	Mediciones en red de cobre.....	21
IV	Valores de la resistencia de bucle y pérdida de la transmisión.....	24
V	Dimensiones nominales y peso.....	52
VI	Propiedades ópticas de la fibra óptica.....	53
VII	Propiedades mecánicas de la fibra óptica.....	54
VIII	Código de colores.....	54
IX	Especificaciones técnicas del generador.....	71
X	Número de líneas de abonado en la DLU.....	82
XI	Distancias de transmisión	89
XII	Asignación del espectro para GSM.....	109
XIII	Categorías de residencias según sus dimensiones.....	120
XIV	Factores de penetración	124
XV	Demanda real y cálculo de las líneas telefónicas a instalar.....	125
XVI	Costo proyecto de fibra óptica.....	129
XVII	Costo proyecto sitio de celda.....	130
XVIII	Costo proyecto red de cobre.....	131
XIX	Simbología de fibra óptica	163
XX	Simbología de red existente.....	164
XXI	Simbología de canalización existente	165
XXII	Simbología de red nueva	166
XXIII	Simbología de canalización nueva.....	167

GLOSARIO

Abonado	Subscriber o cliente a quién se le presta el servicio, ya sea de telefonía o para transmisión de datos.
Acceso alámbrico	El servicio de enlace bidireccional por medio de cableados entre una red pública de telecomunicaciones y el usuario.
Acceso inalámbrico	El servicio de enlace radioeléctrico bidireccional entre una red pública de telecomunicaciones y el usuario.
Área de servicio	Circunscripción territorial que cubre una central telefónica, por medio de su red de Planta Externa y en el caso de sistema celular por medio de las celdas.
Armario	Elemento de red que sirve de límite entre la red primaria y la red secundaria. Normalmente, se encuentra ubicado en aceras y corresponde a una caja metálica con dimensiones variables.

AWG	Siglas de “American Wire Gauge”, norma americana para el calibre de los conductores.
Banda ancha	Capacidad de transmisión cuya anchura de banda es suficiente para la transmisión combinada de señales vocales, de datos y vídeo.
BTS	Subsistema de estación base transceptora.
Cable de abonado	Cable o par de hilos metálicos utilizado en la red de distribución de líneas locales entre un punto de distribución y las instalaciones del cliente.
Cable primario	Cable telefónico subterráneo, directamente, enterrado o en ducto que va desde el distribuidor principal en la central hasta los armarios de distribución.
Cable secundario	Se encuentra, por lo general, en la red aérea, son los cables que van desde el armario de distribución hasta las cajas terminales.
Caja terminal	Elemento de red que sirve de límite entre la red secundaria y la acometida exterior.
CCITT	Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía
Central telefónica	Conmutador de operador de telecomunicaciones público que atiende a una región o a varios distritos de una ciudad.

Conmutación	Función que permite el enrutamiento de tráfico público conmutado entre usuarios conectados en la misma central o entre dicha central y otras centrales.
Demultiplexación	Proceso aplicado a una señal compuesta formada por multiplexación para recuperar las señales independientes originales o grupos de esas señales.
Densidad telefónica	Número de líneas telefónicas principales por 100 habitantes.
Distribuidor principal	Es el límite entre la red primaria y la central telefónica. Se ubica adentro del edificio de la central.
Distrito	Es la zona geográfica servida por un armario de distribución telefónica.
Enlace digital	La totalidad de medios de transmisión de una señal digital de velocidad especificada, entre dos repartidores digitales, o, equivalentes.
Empalme	Consiste en la unión de dos o más cables telefónicos utilizando para ello diversos tipos de conector.

Mufa de empalme	Con este nombre se conoce a los cierres de empalme. Esta es la caja donde se realiza la unión de dos o más cables telefónicos por medio de conectores.
Multiplexación	Proceso reversible destinado a reunir señales de varias fuentes distintas dando una señal compuesta única, para la transmisión por un canal de transmisión común.
PCM	Modulación de pulsos codificados. Es una técnica de transmisión digital que permite convertir la señal analógica a una longitud fija.
Planta externa	Son todos aquellos elementos que nos sirven para establecer contacto físico entre el distribuidor principal en una central y el aparato telefónico de abonado.
Red de acometida	Es aquella que une la caja de dispersión con el aparato del abonado.
RNT	Red nacional de transmisión.
Ruido	Efecto indeseable en la línea telefónica, que degrada la calidad de la comunicación.
Shelter	Equipo telefónico que alberga en su interior todos los elementos necesarios para dar servicio de telefonía..
Telefonía celular	Servicio de comunicación en el que se transmite voz o datos por vía radioeléctrica. La zona de servicio está dividida en células.

RESUMEN

En la aldea de Santo Domingo los Ocotes, del municipio de San Antonio la Paz del Departamento de El Progreso no se cuenta, actualmente, con el servicio de telefonía alámbrica ni inalámbrica.

Por lo que la necesidad de contar con ese servicio es urgente para esta comunidad, debido a que, actualmente, tienen que caminar 6 kilómetros para poder alquilar un teléfono, pues la señal de las torres aledañas a esa comunidad no cubren ese sector, ni, tampoco, existe la telefonía alámbrica.

El estudio para la realización de este proyecto se enmarca dentro de lo que el programa de EPS y la facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, persiguen para darle ayuda técnica, a las comunidades que necesitan de determinados servicios básicos para poder llevar una mejor vida.

El estudio contempla la construcción de una red de fibra óptica interconectada a la Red Nacional de Transmisión (RNT) de una empresa de telecomunicaciones, conectada a un equipo Shelter y a un subsistema de estación base transceptora (BTS) en un sitio de celda, los cuales darán servicio al sistema alámbrico e inalámbrico de telefonía.

OBJETIVOS

GENERAL

Plantear una solución al tendido y construcción de la red, tanto de fibra óptica como de la red de cobre e interconectar todos los equipos involucrados para conformar toda la infraestructura y poder prestar el servicio de telefonía en esta comunidad.

ESPECÍFICOS

1. Aprovechar la existencia de la Red Nacional de Transmisión (RNT) de fibra óptica existente en la carretera principal, para utilizarla como enlace en la alimentación de los equipos de telecomunicaciones.
2. Instalar la alimentación eléctrica y darle servicio al sitio de celda y al equipo BTS que servirá para la telefonía inalámbrica.
3. Conectar, a través de la fibra óptica, el shelter que servirá para hacer la distribución de la red de cobre, de la telefonía alámbrica, e instalar en la comunidad 210 líneas telefónicas, según la demanda levantada en la comunidad.

4. Diseñar la red respectiva de acuerdo a la demanda existente en ese sector, para no sobredimensionar la red y construir la necesaria, para poder tener el servicio telefónico.

INTRODUCCIÓN

Desde que se inició la desmonopolización de las telecomunicaciones en Guatemala, se ha puesto interés en que todas las comunidades tengan servicios básicos de telefonía, existen empresas de telecomunicaciones en la iniciativa privada que prestan ese servicio y están anuentes a darlo a cualquier comunidad que lo necesite, pero, hay algunos lugares que todavía no tienen ese servicio, por una u otra razón no se los han brindado. También, el gobierno presta ese servicio, pero, muchas veces, por la interconexión que se necesita y de la cual carecen, o, el costo es demasiado elevado no hacen ese tipo de inversiones.

En las instalaciones telefónicas se exige eficiencia y operación continua de los equipos, para que el servicio que se desea prestar a una comunidad determinada sea lo mejor posible, por eso el sistema de interconexión es importante y, para el caso, se tiene el sistema de interconexión de fibra óptica hacia la capital, el cual muy bien podemos utilizar.

Se presenta, en la primera parte, la conexión de la Red Nacional de Transmisión con la fibra óptica que interconectará el servicio hacia el shelter y la red de cobre, luego, la interconexión con los equipos de la telefonía inalámbrica, para prestar el servicio de telefonía celular.

1. MONOGRAFÍA DE SANTO DOMINGO LOS OCOTES, SAN ANTONIO LA PAZ.

Aldea: Santo Domingo Los Ocotes
Municipio: San Antonio La Paz.
Fiesta titular: 13 de junio San Antonio de Padúa (San Antonio la Paz)
Departamento: El Progreso

Datos de El Progreso

Colinda al norte con los departamentos de Baja Verapaz y Alta Verapaz; al este con los de Zacapa y Jalapa; al sur y al oeste con el de Guatemala. El departamento de El Progreso fue creado por decreto del ejecutivo número 683 del 13 abril 1908, añadiéndole el territorio de Guastatoya, antes perteneciente al departamento de Jalapa.

Cabecera: Guastatoya
Altura: 517m SNM
Extensión: 1,922 km²
Coordenadas: 14° 51´18´´ Latitud 90° 04´12´´ Longitud
Población: 128,403 habitantes

El departamento tiene los siguientes ocho municipios:

1. Gustatoya
2. Morazán
3. San Agustín Acasaguastlán
4. San Cristóbal Acasaguastlán

5. El Jícaro
6. Sansare
7. Sanarate
8. San Antonio la Paz

Topografía

El departamento de El Progreso es uno de los más secos y calurosos del país. La lluvia es escasa y se presenta por lo general durante los meses de mayo a octubre. Su precipitación promedio anual, durante los últimos 27 años, ha sido de 658.6 mm. en la zona del altiplano y de 583.8 mm. en la zona del bajo Motagua.

La sierra de Las Minas atraviesa el departamento, al norte del río Grande o Motagua, el que al entrar al departamento de Zacapa ya se conoce sólo como río Motagua.

Clima

La temperatura promedio anual máxima ha sido de 36.10° C y la mínima de 24.8°C.

Además de que las lluvias de la región son escasas, asimismo son irregulares, marcándose claramente las dos estaciones usuales de invierno y de verano. Con frecuencia se presentan sequías que han tenido repercusiones nocivas para la agricultura.

Idioma

El lenguaje habitual del departamento es el idioma español, con un acento hispano-árabe.

2. TEORÍA DE TELECOMUNICACIONES E INSTALACIÓN DE LA RED A REALIZAR QUE INCLUYE UN SISTEMA DE RED DE CABLE MULTIPAR DE COBRE

Los cálculos más comúnmente utilizados en las instalaciones de redes de telecomunicaciones no requieren conocimientos de matemáticas avanzadas, algunos de ellos se pueden realizar con el uso de la aritmética y conceptos muy elementales del álgebra.

La teoría de telecomunicaciones a continuación servirá de base para la realización de los diseños y cálculos para la correcta planeación y diseño de la red de cobre y de fibra óptica, además de los conocimientos necesarios para la instalación del shelter, y la construcción del sitio de celda para la instalación de los equipos CDMA2000 que darían el servicio de 450 Mhz, con una cobertura a lo largo de 50 klms, que es el diámetro que cubre dicho servicio, el cuál todavía no se ha instalado en Guatemala, a diferencia de los sistemas ya instalados los cuales cubren entre 5 y 7 kilómetros.

2.1 Generalidades

Es importante conocer las diferencias fundamentales entre las líneas de fuerza, las de telefonía y los enlaces de red de computadoras. Los cables de fuerza utilizan baja frecuencia (típicamente 50/60 Hz), y están diseñados para minimizar la pérdida de la energía que transportan. Por su parte las líneas de telefonía tradicionales transportan poca energía y desde luego señales de audio con un ancho de banda de 4 Khz., (es la denominada calidad “telefónica” de audio).

Por su parte, en las líneas de redes informáticas la energía transportada es despreciable (prácticamente nula), en cambio la señal es de mayor ancho de banda. Los protocolos de red más comunes emplean anchos de banda de 4 MHz y mayores; están diseñados para permitir una correcta codificación de la señal transportada. En la actualidad existen varios estándares que permiten transportar más de 100 Mbps mediante cables de pares trenzados de 2 o 4 conductores utilizando anchos de banda de 16 y 80 MHz.

Es importante significar que la capacidad de transporte de un enlace de red no se corresponde necesariamente con el ancho de banda del enlace (Mbps no son lo mismo que MHz). Como ejemplo se muestra una tabla con varios de los protocolos actuales, indicando en cada caso la capacidad de transmisión, el ancho de banda utilizado (después de la codificación y compresión) y la calidad de cable requerida.

Tabla I. Protocolos actuales y capacidad de transmisión

Protocolo	Velocidad Nominal	Frecuencia Base	Capacidad exigible al cable	Categoría de cable requerida
10Base-T	10 Mbps	10 MHz	10 MHz	Cat-3
100Base-T4	100 Mbps	12.5 MHz	12.5 MHz	Cat-3
802.12(VG)	100 Mbps	15 MHz	15 MHz	Cat-3
100Base-TX	100 Mbps	31.25 MHz	80 MHz	Cat-5
FDDI (*)	100 Mbps	31.25 MHz	80 MHz	Cat-5
ATM (**)	155 Mbps	77.5 MHz	100 MHz	Cat-5

* FDDI "Fiber Distributed Data Interface"

** ATM "Asynchronous Transfer Mode"

2.2 Cables multipares trenzados

2.2.1 Reseña histórica – cables de telefonía

El par telefónico nace en 1883 con el uso de 2 hilos en líneas aéreas. Desde 1875 Graham Bell usaba 1 solo hilo y la tierra como retorno de corriente, pero los efectos de ruido impedían alcanzar longitudes importantes. En 1890 en New York se instalaban postes de 30 metros de altura con 300 rosetas (para 300 hilos); por ello surgen los cables multipares.

El primer cable multipar data de 1887 colocado por la Western Electric Corp. con hilos de tipo AWG-18 aislados en papel. En aquel entonces el núcleo multipar se empujaba dentro de un tubo de plomo (cubierta del cable). Hacia 1900 se desarrolla la máquina extrusora de plomo, y hacia la II Guerra Mundial se reemplaza por la cubierta de aluminio laminado PAL y el aislante de polietileno para conductores.

2.3 ¿Qué es un cable trenzado?

Es aquel en que sus conductores no discurren paralelamente dentro de la cubierta común, sino que están trenzados entre si (generalmente dos a dos). Es importante no confundir un cable trenzado con un cable de conductores trenzados, que como hemos visto es aquel cuyos conductores están formados por varios hilos (estos hilos suelen ser casi paralelos entre si o tener una pequeña torsión).

2.4 Cable multipar trenzado

Es uno de los cables más antiguos en el mercado y en algunos tipos de aplicaciones es el mas común, consiste en dos alambres de cobre o a veces de aluminio, aislados con un grosor de 1 mm aproximado. Los alambres se trenzan con el propósito de reducir la interferencia eléctrica de pares similares cercanos. Los pares trenzados se agrupan bajo una cubierta común de PVC en cables múltipares de pares trenzados de 2, 4, 8 hasta 2400 pares.

Un ejemplo de par trenzado es el sistema de telefonía, ya que la mayoría de aparatos se conectan a la central telefónica por intermedio de un par trenzado. Actualmente se han convertido en un estándar, de hecho en el ámbito de las redes LAN, como medio de transmisión en las redes de acceso a usuarios (típicamente cables 2 ó 4 pares trenzados).

A pesar que las propiedades de transmisión del cable de par trenzado son inferiores y en especial la sensibilidad ante perturbaciones extremas a las del cable coaxial, su gran utilización se debe al costo, su flexibilidad y factibilidad de instalación.

El cable de pares trenzados TP (“Twister Pairs”) esta compuesto de varios pares de conductores enrollados entre si. El trenzado ayudar a mitigar un efecto indeseable denominado Crosstalk , por el que se produce un trasvase de la señal de un par a otro cercano. Este defecto aumenta con la frecuencia, de forma que con valores suficientemente altos, la transmisión se hace imposible pues las señales trasvasadas desde los pares cercanos tienden a corromper las propias.

Cuando el medio de transmisión es un cable TP, uno de los pares se utiliza para transmisión (TX), y otro para la recepción (RX). En la construcción de redes se utilizan varios tipos de cable TP.

Utilizando las tecnologías actuales, el cable multipar trenzado puede ser utilizado hasta un máximo de unos 115 MHz; a partir de este punto los problemas de ruido (principalmente derivados del crosstalk) lo hacen inutilizable.

2.5 Características de los cables multipares telefónicos

El cable multipar de telefonía consta de los siguientes componentes:

- Conducto de cobre de tamaño 19 a 28 AWG
- Aislador de polietileno PE (polyethylene) con cobertura de HDPE (High Density PE)
- Trenzado a dos colores con paso diseñado para minimizar el desbalance de capacitancia y diafonía.
- Grupo de pares, Unidades de 25 pares, se agrupan en capas concéntricas.

- Cable de 1000 pares: central 4x25 pares; capa1: 6x50 pares; capa 2: 12x50 pares.
- Compuesto de relleno para rellenar los espacios de aire
- Pantalla de aluminio de 0,2 mm cubierto de una capa de plástico PE.
- Pantalla de aluminio en Z dividiendo el cable en ambos lados para enlaces PCM.
- Cubierta (jacket) de PE de baja o mediana densidad
- Alambre guía para cable aéreo autosoportado. Son 7 hilos de acero galvanizado sobre la misma cubierta.
- Numeración del cable exterior (longitud secuencial, nombre del fabricante, año de fabricación, etc.).

2.6 Características eléctricas de los cables multipares

Previo a definir las características eléctricas de los cables multipares, responsables de transportar las señales de transmisión desde un punto a otro, daré una reseña previa de lo que se entiende por circuito de transmisión y canal de transmisión.

2.6.1 Canal de transmisión

Es el conjunto de elementos que permiten una comunicación en un solo sentido, es decir unidireccional.

2.6.2 Circuito de transmisión

Es el complemento de dos canales de transmisión, que permiten una comunicación en diferentes sentidos, es decir bidireccional.

En la implantación de una red telefónica, el costo que genera el tendido de cables y su alto costo de mantenimiento, demanda más de la mitad de los recursos económicos que los demás elementos necesarios para la puesta en servicio de un sistema de telecomunicaciones. Por tan importante razón, los cables deben ser sometidos a rigurosas pruebas, tanto eléctricas como mecánicas con el objeto de prolongar al máximo la vida útil, en términos generales, un cable telefónico está diseñado para una duración de por lo menos 30 años.

Las líneas bifilares que constituyen los cables telefónicos múltipares están dotados de ciertas características eléctricas, con el objeto de transportar con la menor pérdida de energía posible, las señales de transmisión necesarias para una buena comunicación. Estas características se componen de los siguientes parámetros:

2.6.3 Resistencia del conductor

Como la palabra lo indica es la resistencia que se opone al paso de la corriente, tenemos como definición y según la ley de ohm:

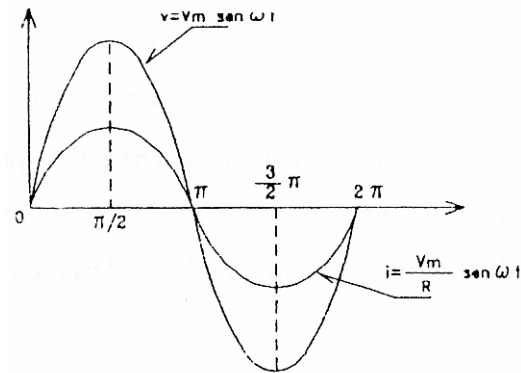
$$V = R i$$

Despejando $i = V/R$; si el voltaje es senoidal $V = V_m * \text{Sen} (\omega t)$

$$\text{Entonces: } i = \frac{V_m \times \text{Sen} (\omega t)}{R} \quad (\text{II - 1})$$

Es decir que para cualquier tiempo t las dos ondas tienen la misma forma:

Figura 1. Ondas de voltaje y corriente en una resistencia



2.6.4 Desequilibrio resistivo y capacitivo

Depende de la diferencia que puedan tener los conductores en su configuración simétrica.

2.6.5 Resistencia de aislamiento

Se debe al tipo de aislante que separan los conductores entre si y entre la capa metálica de protección y del tipo de material aislante. Se mide con la aplicación de corriente continua.

2.6.6 Rigidez dieléctrica

Es por la construcción del cable y el tipo de aislante que exista entre los pares, la separación entre los pares, la concetricidad y calidad del aislante.

2.6.6 Capacitancia y Capacidad mutua

Su dimensión depende del diámetro del conductor, del tipo de aislamiento y de la separación entre conductores. (distancia interaxial)

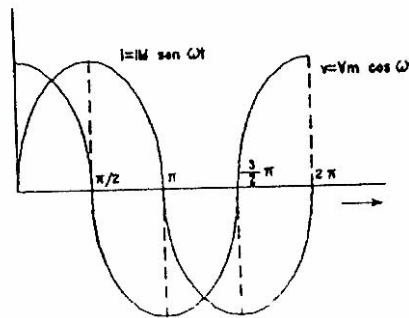
De la capacitancia, la definición de corriente eléctrica: $I = -dq/dt$ (es negativo porque la corriente convencional va en dirección contraria que la real); $q = Cv$ y derivando con respecto del tiempo $dq/dt = Cdv/dt$; sustituyendo la derivada de la carga en la ecuación de la corriente obtenemos: $I = -Cdv/dt$;

Si el voltaje es cosenoidal: $V = V_m \cdot \cos(\omega t)$

Entonces: $I = -Cd(V_m \cdot \cos(\omega t))/dt = \omega CV_m \text{Sen}(\omega t)$ (II - 2)

Como podemos notar en una capacitancia la onda de corriente esta adelantada 90 grados respecto del voltaje.

Figura 2. Ondas de voltaje y corriente en un capacitor



2.6.7 Inductancia

Es debido al flujo electromagnético generado por la corriente que circula por el conductor, del diámetro del conductor, de la torción del par y de la distancia entre conductores.

De la ley de Faraday, $V = -d\Phi/dt$; como $\Phi = Li$

Entonces $V = -L di/dt$

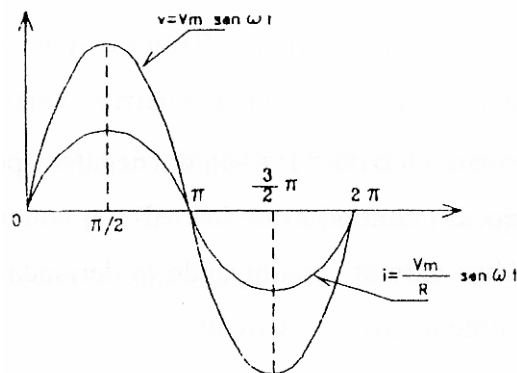
Si la corriente es senoidal: $i = I_m \cdot \cos(\omega t)$

El voltaje es: $V = -L d(I_m \cdot \cos(\omega t))/dt = \omega L I_m \cdot \sin(\omega t)$ (II - 3)

$V = V_m \cdot \sin(\omega t)$; donde $V_m = \omega L I_m$

De lo anterior se puede ver que en una inductancia la corriente está atrasada 90 grados respecto del voltaje.

Figura 3. Ondas de voltaje y corriente en un inductor



2.6.8 Conductancia

Se le llama así al grado de aislamiento que existe entre los conductores y la superficie de contacto entre ellos. Su unidad es el mho o siemens. Este parámetro está determinado con aplicación de corriente alterna.

2.6.9 Diafonía

Por su construcción se debe al equilibrio simétrico que deben de tener los pares del cable en su proceso de fabricación, y fundamentalmente del pareado.

2.6.10.1 Inteligibilidad de la diafonía

Atendiendo a como son percibidas las señales perturbadoras, generadas en un circuito como consecuencias de la diafonía, esta puede ser inteligible o no inteligible.

Como el mismo término indica, diafonía inteligible es aquella en que en el circuito perturbado se oye y se entiende la conversación que se cursa por el circuito perturbador.

Este tipo de diafonía es sumamente dañino por cuanto, además de la perturbación en sí, supone un riesgo para el secreto de las comunicaciones que las empresas operadoras de telefonía están obligadas a proteger, por lo que se recomienda por la UIT que la diferencia entre el nivel de la señal útil y el nivel de la diafonía entre los diversos pares de un mismo cable no debe ser inferior a 58 dB para el 90% de las combinaciones de dos circuitos y de 52 dB para la totalidad de las combinaciones. Hay casos en que la diafonía es ininteligible, con lo cual en el circuito perturbado solo se percibe como ruido. Esto sucede cuando la naturaleza de las señales transmitidas por ambos circuitos son distintas, por ejemplo: analógica en uno y digital en el otro o cuando se utiliza la multiplexación por división de frecuencia y no coinciden las portadoras de los sistemas de transmisión empleados en cada uno de los circuitos.

De hecho, en la época en que este tipo de multiplexación era ampliamente utilizado, se recurría a disponer de varias versiones de un mismo sistema con las portadoras desplazadas 1 o 2 kHz uno respecto a otro, con lo cual la diafonía era siempre ininteligible.

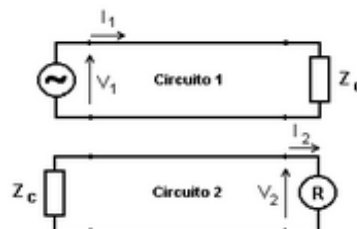
En el caso de señales digitales en ambos circuitos, el objetivo es que la diafonía se mantenga dentro de unos límites tales que no pueda ser reconocida como señal útil por el extremo receptor.

2.6.10.2 Telediafonía y paradiafonía

Para la medida de la diafonía se envía una señal, de un nivel conocido por el circuito perturbador y se mide el nivel recibido en el circuito perturbado. No obstante, dependiendo de que la medida la hagamos en el mismo extremo desde el que estamos enviando la señal o en el extremo distante tendremos dos valores distintos. Así llegamos a los conceptos de paradiafonía o diafonía de extremo cercano y telediafonía o diafonía de extremo lejano.

2.6.10.2.1 Telediafonía

Figura 4. Disposición de elementos para la medida de telediafonía



La disposición de elementos para la medida de la tele diafonía o diafonía de extremo lejano, denominada en inglés Far end crosstalk (FEXT), se muestra en la figura 4, donde vemos como en el circuito 1 tenemos un generador, que envía una señal de nivel V_1 , en un extremo, mientras que el otro extremo está terminado con una impedancia Z_c igual a la impedancia característica del circuito.

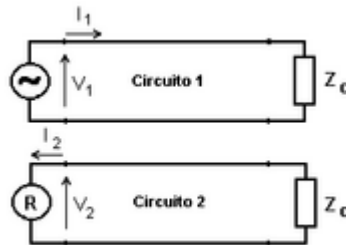
El circuito 2, está cargado en el extremo emisor con Z_c y en el extremo distante tenemos un medidor de nivel (R) en el que mediremos un cierto nivel de señal V_2 correspondiente a la diafonía.

A la relación en decibelios existente entre V_1 y V_2 es a lo que se denomina atenuación de tele diafonía (α_t) y su valor es igual a:

$$\alpha_t = 20 \times \log \frac{V_1}{V_2} \quad (\text{dB}) \quad (\text{II - 4})$$

2.6.10.2.2. Paradiafonía

Figura 5. Disposición de elementos para la medida de Paradiafonía



La disposición de elementos para la medida de la paradiafonía o diafonía de extremo cercano, denominada en inglés near end crosstalk (NEXT), se muestra en la figura 5, en la cual aparecen ambos circuitos terminados en su impedancia característica Z_c en el extremo distante, mientras que en el extremo cercano el emisor se halla conectado en el circuito 1 y el medidor en el circuito 2.

A la medida de la relación en decibelios entre las señales emitida y recibida, obtenida con esta disposición de los instrumentos de medida, es a lo que se denomina atenuación de paradiafonía (α_p), cuyo valor es igual a:

$$\alpha_p = 20 \times \log \frac{V_1}{V_2} \quad (\text{dB}) \quad (\text{II - 5})$$

2.6.10.2.3 Impedancia Característica (Z_o)

Se denomina impedancia característica a la relación entre el voltaje aplicado y la corriente alterna circulante, en un punto cualquiera de una línea de transmisión considerada infinitamente larga.

Tal como su nombre lo indica, impedancia es el conjunto de parámetros que se opone al paso de una señal alterna. La impedancia característica se determina, por medio de los cuatro parámetros primarios, de la línea de transmisión (resistencia, capacitancia, inductancia y conductancia) y se expresa de la siguiente forma:

Fórmula de Z_0 :

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} = \Omega \quad (\text{II} - 6)$$

Donde:

Z_0 = Impedancia característica de la línea expresada en ohms .

R = Resistencia de loop de la línea expresada en ohms .

C = Capacidad de la línea expresada en Faradios.

L = Inductancia de la línea expresada en henrios.

$\omega = 2 \pi \times f$

f = Frecuencia expresada en hertz

j = Factor imaginario

G = Conductancia de la línea en siemens o mhos

2.6.10.2.4 Atenuación

Esta definida por la Impedancia característica de la línea, la capacidad mutua y la frecuencia aplicada.

2.6.10.2.5 Protección contra interferencias externas

Se debe de utilizar fundamentalmente el blindaje de los cables, los que deben ser siempre continuos y unidos a una tierra común, (pantalla de aluminio).

2.6.10.2.6 Ruido térmico

En telecomunicaciones y otros sistemas electrónicos el ruido térmico (o ruido de Johnson) es el ruido producido por el movimiento de los electrones en los elementos integrantes de los circuitos, tales como conductores, semiconductores, etc. Se trata de un ruido blanco, es decir, uniformemente distribuido en el espectro de frecuencias.

La densidad de potencia de ruido, expresada en W/Hz, viene dada por: n_0

$$n_0 = k \cdot T \quad (\text{II-7})$$

donde:

k = Constante de Boltzmann

T = Temperatura en grados Kelvin

Constante de Boltzmann es igual a $K = 1.3806503 \times 10^{-23}$ Joules/Kelvin

2.6.10.2.7 Las características mecánicas de la capa protectora del cable multipar son:

- 1.- Impermeabilidad
- 2.- Flexibilidad.
- 3.- Dureza.
- 4.- Resistencia a la intemperie.
- 5.- Resistencia a los agentes químicos.
- 6.- Resistencia a los golpes.

De acuerdo a las propiedades geométricas y eléctricas en su construcción, los pares telefónicos se comportan, con el paso de la corriente eléctrica, como un conjunto de resistencias y reactancia conectadas en serie y en paralelo con la línea. Estos componentes se conocen con el nombre de parámetros primarios.

2.7 Características de los conductores

El cobre es el material más utilizado para los conductores para telefonía , la tabla que se muestra a continuación contiene datos de referencia solo para los calibres más comunes en esta aplicación. Los valores de la tabla son para valores de cables desnudos, en producto terminado varían ligeramente por tolerancia en diámetro y por factor de cableado, por lo que se indican en los datos para cada producto de acuerdo a la especificación particular. En la gran mayoría de los casos el conductor es de cobre desnudo, en algunos casos se usa cobre estañado, para facilitar la conexión con soldadura y dar una protección adicional contra la oxidación. El conductor de acero recubierto de cobre se usa en algunos cables de acometida para tener una mayor resistencia a la tensión, su conductividad eléctrica es entre 20 y 40% de la del cobre suave, dependiendo de la proporción entre el área de acero y la de cobre.

Tabla II. Conductores sólidos de cobre para telefonía

AWG	Diámetro nominal en mm.	Area mm ²	Peso Kg/Km	Resistencia a C. D. nominal @ 20 grados C.	
				Cobre natural Ω/Km	Cobre estañado Ω/Km
26	0.404	0.13	1.14	135	146
24	0.511	0.21	1.82	84.2	89.2
22	0.643	0.32	2.89	53.2	54.8
20	0.813	0.52	4.61	33.2	34.4*
19	0.912	0.65	5.8	26.4	27.5*
18	1.02	0.82	7.32	21	22.2*

Nota: * estos valores se dan como comparación con los de cobre desnudo, pero en telefonía no se usan conductores estañados en estos calibres. Los valores de AWG son dados según las normas americanas.

A continuación se puede ver las mediciones que se realizan en un cable telefónico trenzado multipar, estas mediciones deben de realizarse antes de proceder a cerrar los manguitos de empalme debido a que si es necesario hacer algunos cambios en los empalmes exista problemas para reentrar en ellos.

Las mediciones se realizan tanto desde la central telefónica hacia el armario de distribución o caja de distribución, como también desde la caja terminal o punto de dispersión hacia el armario y por último se hace una medición desde el punto da la caja del abonado hacia la central para estar seguros que existe continuidad y que la red esta construida dentro de los parámetros aceptables que se muestran en la tabla III.

Tabla III. Mediciones realizadas en la red de cobre

**CENTRAL
C.D. / CABLE
LUGAR DE MEDICIÓN**

PAR	CONTINUIDAD		AISLAMIENTO		RESISTENCIA DE BUCLE	CAPACITANCIA
			M-OHMIOS			NANOFARADIOS
	HILO A	HILO B	HILO A	HILO B	OHMS	KM

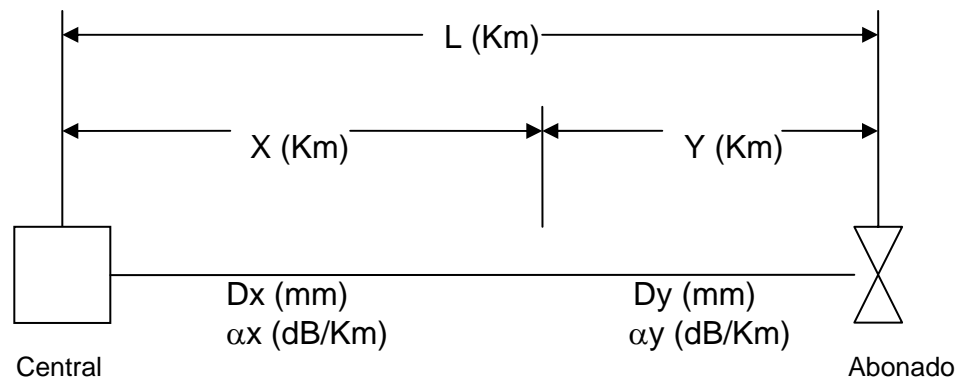
63/64						
1	OK	OK	>1000	>1000	39.00	6.08
2	OK	OK	>1000	>1000	39.00	6.10
3	OK	OK	>1000	>1000	39.00	6.12
4	OK	OK	>1000	>1000	39.00	6.12
5	OK	OK	>1000	>1000	39.00	6.14
6	OK	OK	>1000	>1000	43.00	6.08
7	OK	OK	>1000	>1000	43.00	6.10
8	OK	OK	>1000	>1000	43.00	6.04
9	OK	OK	>1000	>1000	43.00	6.10
10	OK	OK	>1000	>1000	38.00	6.11

65/66						
1	OK	OK	>1000	>1000	26.00	4.54
2	OK	OK	>1000	>1000	26.00	4.50
3	OK	OK	>1000	>1000	26.00	4.50
4	OK	OK	>1000	>1000	26.00	4.50
5	OK	OK	>1000	>1000	28.00	4.50
6	OK	OK	>1000	>1000	25.00	4.50
7	OK	OK	>1000	>1000	25.00	4.50
8	OK	OK	>1000	>1000	25.00	4.50
9	OK	OK	>1000	>1000	25.00	4.50
10	OK	OK	>1000	>1000	28.00	4.50

2.8. Método para la toma de decisión del calibre de los conductores para la construcción de la red

El calibre de conductores de cable se decide por medio del límite de resistencia óhmica de bucle y de la pérdida de transmisión. Por lo general, el calibre de los conductores que se utilizan para una red ya sea primaria o secundaria, varía del 0.4 mm (26AWG) al 0.9 mm (19AWG), sin embargo, en el caso de diseñar realmente las líneas locales, se usa la combinación de dos conductores por causa de la simplificación del diseño.

Figura 6. Esquema de la línea, red nueva



De la figura 6, podemos obtener las ecuaciones siguientes:

$$X + Y = L \quad (\text{II - 8})$$

$$\alpha_x * X + \alpha_y * Y = \alpha \quad (\text{II - 9})$$

Donde:

- L : Longitud de la línea de la central al abonado (Km)
- X : Longitud del cable con el diámetro de Dx mm (Km)
- Y : Longitud del cable con el diámetro de Dy mm (Km)
- α : Límite de la pérdida de transmisión (dB) (determinada por el plan de transmisión)
- αx : Atenuación por Km del cable con el diámetro de Dx mm (dB/Km)
- αy : Atenuación por Km del cable con el diámetro de Dy mm (dB/Km)

Por lo tanto, desarrollando las dos ecuaciones anteriores tendremos:

$$x = \frac{\alpha - \alpha y \cdot L}{\alpha x - \alpha y} \quad (\text{II-10})$$

$$y = L - x = \frac{\alpha - \alpha x \cdot L}{\alpha x - \alpha y} \quad (\text{II-11})$$

Con lo cual obtendremos las longitudes de cables correspondientes a calibres combinados que cumplan con la pérdida de transmisión.

La resistencia óhmica de bucle es el límite más riguroso, pudiéndose obtener los valores de resistencia de bucle para calibres combinados de la ecuación siguiente:

$$R_x \cdot X + R_y \cdot Y = R_T \quad (\text{II-12})$$

Donde:

- R_x : Resistencia óhmica de bucle por Km del cable con el diámetro de D_x mm
- R_y : Resistencia óhmica de bucle por Km del cable con el diámetro de D_y mm
- R_T : Limite de resistencia óhmica de bucle (determinada por la resistencia óhmica del conmutador).

Los valores de la resistencia de bucle y la atenuación del cable (con capacitancia de 52 nF/Km) que generalmente se utiliza, se muestra en la tabla IV.

Tabla IV. Valores de la resistencia de bucle y pérdida de transmisión

Diámetro del Conductor (mm)	Resistencia óhmica máxima (Ω/bucle · Km)	Atenuación Normal (dB/Km)	Limite de Servicio (Km)	
			Capital	Interior del Pais
0.404 (26AWG)	278	1.63	4.29	4.91
0.511 (24AWG)	174	1.29	5.43	6.20
0.643 (22AWG)	110	1.03	6.80	7.77
0.812 (20AWG)	69	0.81	8.64	9.88
0.912 (19AWG)	55	0.72	9.72	11.11

- Nota:
- Valor de atenuación normal
 - La capacitancia es de 52 nF/Km
 - La frecuencia es de 800 Hz

Para calcular la longitud de los cables, podemos utilizar la figura 6.

0.4 mm (26AWG)

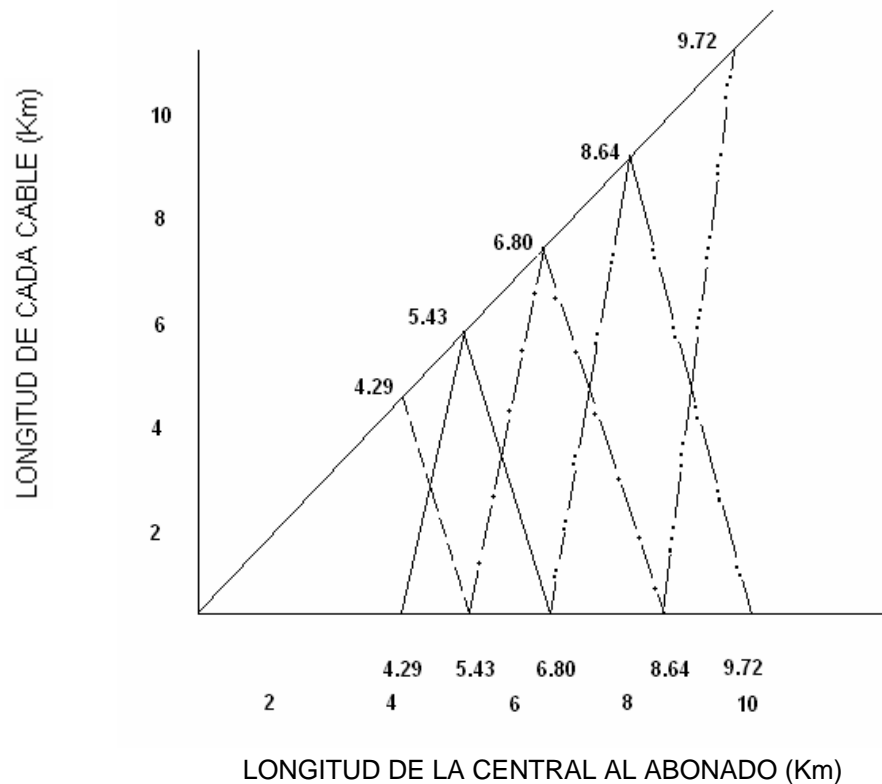
0.5 mm (24AWG)

0.6 mm (22AWG)

0.8 mm (20AWG)

0.9 mm (19AWG)

Figura 7. Gráfica para la toma de decisión del calibre de conductores del cable, (límite de atenuación 7 dB)



Además, se puede calcular la atenuación de la capacitancia del cable utilizando la fórmula, II –13.

$$\alpha_o = \frac{0.0911 \cdot C}{d} \quad (\text{db/Km}) \quad (\text{II –13})$$

Donde:

- α_o = Atenuación del cable por Km
- C = Capacitancia del cable (nF/Km)
- d = Diámetro del conductor, del cable en mm (ver Tabla 4).

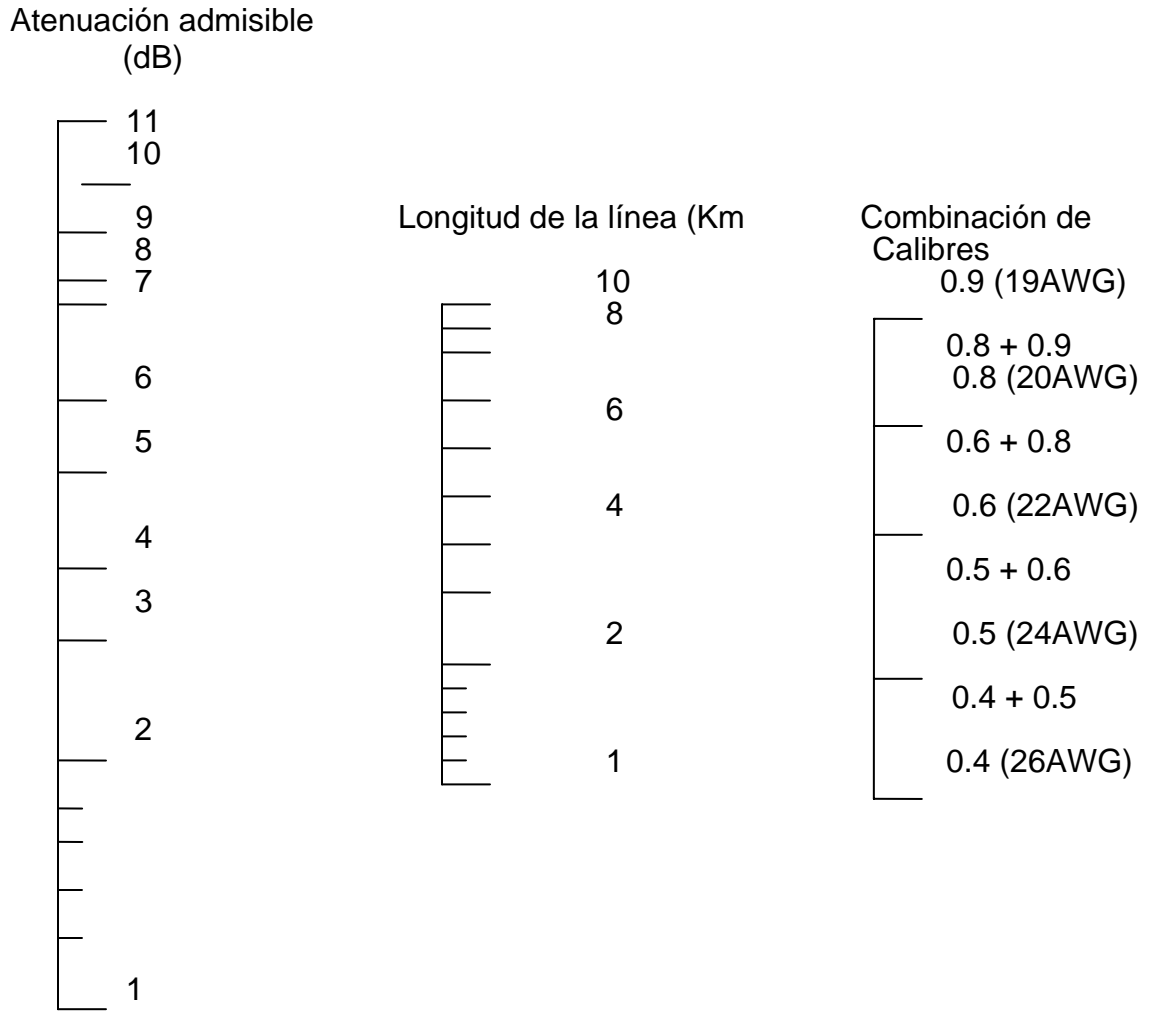
a. Ampliación del límite de servicio para un cable existente.

Para poder calcular el cable a instalar en un tramo existente instalado hacia un abonado, el proceso de cálculo es el siguiente:

- Calcular la atenuación de la longitud de servicio a ampliar
- Decidir la combinación de calibre para la longitud de servicio a ampliar.
- Calcular la longitud de cada cable.

Cuando los cables tienen los valores de atenuación indicados en la tabla IV, se puede emplear la figura 7 para decidir las combinaciones de calibre de los conductores del cable.

Figura 9. Selección del calibre de conductores



Ejemplo: Combinación de calibres

Se tienen las siguientes condiciones:

- La longitud de cable existente con el diámetro de los conductores de 0.4 mm (26AWG) y la capacitancia de 52 nF/Km es de 0.8 Km.
- El límite de la pérdida de transmisión es de 0.7dB
- El límite de la resistencia óhmica de bucles es de 1500Ω
- La distancia entre la central y los nuevos abonados es de 5.2 Km.

Entonces se procederá a diseñar la red de planta externa para las condiciones

dadas, utilizando el cable que tiene las propiedades de la tabla VI.

Solución:

Calculamos:

La atenuación de la longitud de servicio a ampliar:

$$7.0 - 1.63 \times 0.80 = 5.696 = 5.6 \text{ dB}$$

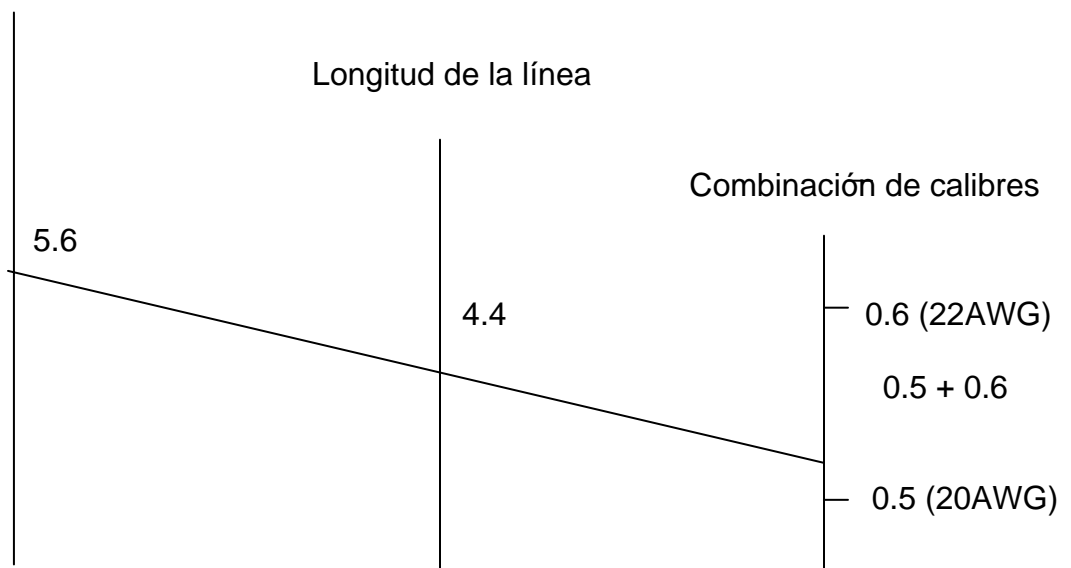
La longitud del cable de servicio a ampliar:

$$5.2 - 0.8 = 4.4 \text{ Km}$$

De la figura 10, podemos tener la combinación de calibres de 0.5 mm y 0.6 mm.

Figura 10. Atenuación, longitud y combinación de calibres

Atenuación admisible



En consecuencia, de las fórmulas (II-10 y II-11),

$$x = \frac{\alpha_x - \alpha_y \cdot L}{\alpha_x - \alpha_y} = \frac{5.6 - 1.03 \cdot 4.4}{1.29 - 1.03} = 4.1 \text{ K m}$$

$$y = L - x = 4.4 - 4.1 = 0.3 \text{ K m}$$

Resistencia óhmica de Bucle

$$278 \cdot 0.8 + 174 \cdot 4.1 + 110 \cdot 0.3 = 968.8 = 969 \Omega (< 1500 \Omega)$$

Nota:

La atenuación se debe calcular con un decimal (sin redondear).

a resistencia óhmica de bucle se debe calcular redondeando los decimales al número entero siguiente

3. INSTALACIÓN DE LA RED DE ENLACE QUE INCLUYE UN SISTEMA DE RED DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA DE LA RED NACIONAL DE TRANSMISIÓN.

3.1 Origen y evolución

La historia de la comunicación por la fibra óptica es relativamente corta. En 1977, se instaló un sistema de prueba en Inglaterra; dos años después, se producían ya cantidades importantes de pedidos de este material.

Antes, en 1959, como derivación de los estudios en física enfocados a la óptica, se descubrió una nueva utilización de la luz, a la que se denominó rayo láser, que fue aplicado a las telecomunicaciones con el fin de que los mensajes se transmitieran a velocidades inusitadas y con amplia cobertura.

Sin embargo esta utilización del láser era muy limitada debido a que no existían los conductos y canales adecuados para hacer viajar las ondas electromagnéticas provocadas por la lluvia de fotones originados en la fuente denominada láser.

Fue entonces cuando los científicos y técnicos especializados en óptica dirigieron sus esfuerzos a la producción de un ducto o canal, conocido hoy como la fibra óptica. En 1966 surgió la propuesta de utilizar una guía óptica para la comunicación.

Esta forma de usar la luz como portadora de información se puede explicar de la siguiente manera: Se trata en realidad de una onda electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, con la única diferencia que la longitud de las ondas es del orden de micrómetros en lugar de metros o centímetros.

El concepto de las comunicaciones por ondas luminosas ha sido conocido por muchos años. Sin embargo, no fue hasta mediados de los años setenta que se publicaron los resultados del trabajo teórico. Estos indicaban que era posible confiar un haz luminoso en una fibra transparente flexible y proveer así un análogo óptico de la señalización por alambres electrónicamente.

El problema técnico que se había de resolver para el avance de la fibra óptica residía en las fibras mismas, que absorbían luz que dificultaba el proceso. Para la comunicación práctica, la fibra óptica debe transmitir señales luminosas detestables por muchos kilómetros. El vidrio ordinario tiene un haz luminoso de pocos metros. Se han desarrollado nuevos vidrios muy puros con transparencias mucho mayores que la del vidrio ordinario. Estos vidrios empezaron a producirse a principios de los setenta. Este gran avance dio ímpetu a la industria de fibras ópticas. Se usaron láseres o diodos emisores de luz como fuente luminosa en los cables de fibras ópticas. Ambos han de ser miniaturizados para componentes de sistemas fibro-ópticos, lo que ha exigido considerable labor de investigación y desarrollo. Los láseres generan luz "coherente" intensa que permanece en un camino sumamente estrecho. Los diodos emiten luz "incoherente" que ni es fuerte ni concentrada. Lo que se debe usar depende de los requisitos técnicos para diseñar el circuito de fibras ópticas dado.

3.2 Concepto de fibra óptica

Los circuitos de fibra óptica son filamentos de vidrio (compuestos de cristales naturales) o plástico (cristales artificiales), del espesor de un pelo (entre 10 y 300 micrones). Llevan mensajes en forma de haces de luz que realmente pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya (incluyendo curvas y esquinas) sin interrupción.

Las fibras ópticas pueden ahora usarse como los alambres de cobre convencionales, tanto en pequeños ambientes autónomos (tales como sistemas de procesamiento de datos de aviones), como en grandes redes geográficas (como los sistemas de largas líneas urbanas mantenidos por compañías telefónicas).

El principio en que se basa la transmisión de luz por la fibra es la reflexión interna total; la luz que viaja por el centro o núcleo de la fibra incide sobre la superficie externa con un ángulo mayor que el ángulo crítico, de forma que toda la luz se refleja sin pérdidas hacia el interior de la fibra. Así, la luz puede transmitirse a larga distancia reflejándose miles de veces. Para evitar pérdidas por dispersión de luz debida a impurezas de la superficie de la fibra, el núcleo de la fibra óptica está recubierto por una capa de vidrio con un índice de refracción mucho menor; las reflexiones se producen en la superficie que separa la fibra de vidrio y el recubrimiento.

3.3 ¿ Cómo funciona la fibra óptica ?

En un sistema de transmisión por fibra óptica existe un transmisor que se encarga de transformar las ondas electromagnéticas en energía óptica o en luminosa, por ello se le considera el componente activo de este proceso. Una vez que es transmitida la señal luminosa por las minúsculas fibras, en otro extremo del circuito se encuentra un tercer componente al que se le denomina detector óptico o receptor, cuya misión consiste en transformar la señal luminosa en energía electromagnética, similar a la señal original. El sistema básico de transmisión se compone en este orden, de señal de entrada, amplificador, fuente de luz, corrector óptico, línea de fibra óptica (primer tramo), empalme, línea de fibra óptica (segundo tramo), corrector óptico, receptor, amplificador y señal de salida.

En resumen, se puede decir que este proceso de comunicación, la fibra óptica funciona como medio de transportación de la señal luminosa, generado por el transmisor de LED'S (diodos emisores de luz) y láser.

Los diodos emisores de luz y los diodos láser son fuentes adecuadas para la transmisión mediante fibra óptica, debido a que su salida se puede controlar rápidamente por medio de una corriente de polarización. Además su pequeño tamaño, su luminosidad, longitud de onda y el bajo voltaje necesario para manejarlos son características atractivas.

3.3.1 Fibra monomodo

Potencialmente, esta es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información. Tiene una banda de paso del orden de los 100 GHz/km. Los mayores flujos se consiguen con esta fibra, pero también es la más compleja de implantar. El dibujo muestra que sólo pueden ser transmitidos los rayos que tienen una trayectoria que sigue el eje de la fibra, por lo que se ha ganado el nombre de "monomodo" (modo de propagación, o camino del haz luminoso, único). Son fibras que tienen el diámetro del núcleo en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es decir, de unos 5 a 8 mm. Si el núcleo está constituido de un material cuyo índice de refracción es muy diferente al de la cubierta, entonces se habla de fibras monomodo de índice escalonado.

Los elevados flujos que se pueden alcanzar constituyen la principal ventaja de las fibras monomodo, ya que sus pequeñas dimensiones implican un manejo delicado y entrañan dificultades de conexión que aún se dominan mal.

3.3.2 Características técnicas

La fibra es un medio de transmisión de información analógica o digital. Las ondas electromagnéticas viajan en el espacio a la velocidad de la luz.

Básicamente, la fibra óptica está compuesta por una región cilíndrica, por la cual se efectúa la propagación, denominada núcleo y de una zona externa al núcleo y coaxial con él, totalmente necesaria para que se produzca el mecanismo de propagación, y que se denomina envoltura o revestimiento.

La capacidad de transmisión de información que tiene una fibra óptica depende de tres características fundamentales:

- a) Del diseño geométrico de la fibra.
- b) De las propiedades de los materiales empleados en su elaboración. (diseño óptico)
- c) De la anchura espectral de la fuente de luz utilizada. Cuanto mayor sea esta anchura, menor será la capacidad de transmisión de información de esa fibra.

3.3.3 Características mecánicas

La fibra óptica como elemento resistente dispuesto en el interior de un cable formado por agregación de varias de ellas, no tiene características adecuadas de tracción que permitan su utilización directa.

Por otra parte, en la mayoría de los casos las instalaciones se encuentran a la intemperie o en ambientes agresivos que pueden afectar al núcleo.

La investigación sobre componentes optoelectrónicos y fibras ópticas ha traído consigo un sensible aumento de la calidad de funcionamiento de los sistemas. Es necesario disponer de cubiertas y protecciones de calidad capaces de proteger a la fibra.

Para alcanzar tal objetivo hay que tener en cuenta su sensibilidad a la curvatura y microcurvatura, la resistencia mecánica y las características de envejecimiento.

Las microcurvaturas y tensiones se determinan por medio de los ensayos de:

Tensión: cuando se estira o contrae el cable se pueden causar fuerzas que rebasen el porcentaje de elasticidad de la fibra óptica y se rompa o formen microcurvaturas.

Compresión: es el esfuerzo transversal.

Impacto: se debe principalmente a las protecciones del cable óptico.

Enrollamiento: existe siempre un límite para el ángulo de curvatura pero, la existencia del forro impide que se sobrepase.

Torsión: es el esfuerzo lateral y de tracción.

Limitaciones Térmicas: estas limitaciones difieren en alto grado según se trate de fibras realizadas a partir del vidrio o a partir de materiales sintéticos.

Otro objetivo es minimizar las pérdidas adicionales por cableado y las variaciones de la atenuación con la temperatura. Tales diferencias se deben a diseños calculados a veces para mejorar otras propiedades, como la resistencia mecánica, la calidad de empalme, el coeficiente de relleno (número de fibras por mm²) o el costo de producción.

3.4 Aplicaciones de la fibra óptica

3.4.1 Redes

La fibra óptica se emplea cada vez más en la comunicación, debido a que las ondas de luz tienen una frecuencia alta y la capacidad de una señal para transportar información aumenta con la frecuencia. En las redes de comunicaciones se emplean sistemas de láser con fibra óptica.

En la actualidad, los repetidores de fibra óptica están separados entre sí unos 100 km, frente a aproximadamente 1,5 km en los sistemas eléctricos. Los amplificadores de fibra óptica recientemente desarrollados pueden aumentar todavía más esta distancia.

Otra aplicación cada vez más extendida de la fibra óptica son las redes de área local. Al contrario que las comunicaciones de larga distancia, estos sistemas conectan a una serie de abonados locales con equipos centralizados como ordenadores (computadoras) o impresoras. Este sistema aumenta el rendimiento de los equipos y permite fácilmente la incorporación a la red de nuevos usuarios. El desarrollo de nuevos componentes electroópticos y de óptica integrada aumentará aún más la capacidad de los sistemas de fibra.

3.4.2 Telefonía

Con motivo de la normalización de interfaces existentes, se dispone de los sistemas de transmisión por fibra óptica para los niveles de la red de telecomunicaciones públicas en una amplia aplicación, contrariamente para sistemas de la red de abonado (línea de abonado), hay ante todo una serie de consideraciones.

Para la conexión de un teléfono es completamente suficiente con los conductores de cobre existentes. Precisamente con la implantación de los servicios en banda ancha como la videoconferencia, la videotelefonía, etc. la fibra óptica se hará imprescindible para el abonado. Con el BIGFON (Red urbana integrada de telecomunicaciones en banda ancha por fibra óptica) se han recopilado amplias experiencias en este aspecto. Según la estrategia elaborada, los servicios de banda ancha posteriormente se ampliarán con los servicios de distribución de radio y de televisión en una red de telecomunicaciones integrada en banda ancha.

3.4.3 Comunicaciones por satélite Vrs. fibra óptica

Es más económica la fibra óptica para distancias cortas y altos volúmenes de tráfico, por ejemplo, para una ruta de 2000km. el satélite no es rentable frente a la solución del cable de fibras hasta una longitud de la misma igual a unos 2500 kms.

La calidad de la señal por cable es por mucho más alta que por satélite, porque en los geoestacionarios, situados en órbitas de unos 36,000 kms. de altura, y el retardo próximo a 500 mseg. introduce eco en la transmisión, mientras que en los cables este se sitúa por debajo de los 100 mseg admitidos por el CCITT. La inclusión de supresores de eco encarece la instalación, disminuye la fiabilidad y resta la calidad al cortar los comienzos de frase.

El satélite se adapta a la tecnología digital, si bien las ventajas en este campo no son tan evidentes en el analógico, al requerirse un mayor ancho de banda en aquel y ser éste un factor crítico en el diseño del satélite.

3.4.4 Comunicación con fibra óptica

En esencia un sistema óptico de comunicaciones es un sistema electrónico de comunicaciones que usa la luz como portador de información. Sin embargo es difícil e impracticable propagar ondas luminosas por la atmósfera terrestre. En consecuencia los sistemas de comunicaciones con fibra óptica usan fibras de vidrio o de plástico para “contener” las ondas luminosas y guiarlas en una forma similar a como las ondas electromagnéticas son guiadas en una guía de ondas.

La opto electrónica es la rama de la electrónica que estudia la transmisión de la luz a través de fibras ultrapuras, que se suelen fabricar con vidrio o con plástico.

La capacidad de conducción de información de un sistema electrónico de comunicaciones es directamente proporcional a su longitud de banda. Para fines de comparación se acostumbra expresar el ancho de banda de un sistema analógico de comunicaciones como un porcentaje de la frecuencia de su portadora. A esto se le llama a veces relación de utilización del ancho de banda. Por ejemplo un sistema de radiocomunicaciones de VHF trabajando a una frecuencia de portadora de 100 Mhz, con un ancho de banda de 10 Mhz tiene una relación de utilización de ancho de banda de 10%. Un sistema de radio de microondas que funciona con una frecuencia de portadora, con una relación de utilización de ancho de banda igual al 10% tendría disponible 1 Ghz de ancho de banda. Es obvio que mientras mayor es la frecuencia de portadora el ancho de banda es mayor y la capacidad de conducción de información es mayor. Las frecuencias luminosas que se usan en los sistemas de comunicaciones con fibra óptica está entre 1×10^{14} y 4×10^{14} Hz. (100,000 a 400,000 Ghz). Una relación de utilización de ancho de banda de 10% significaría una banda de entre 10,000 y 40,000 Ghz de ancho.

3.4.5 Comparación de instalaciones con fibras ópticas y con cables metálicos

Las comunicaciones a través de cables de fibra de vidrio o de plástico tienen varias ventajas abrumadoras sobre las comunicaciones que usan instalaciones convencionales de cable metálico o coaxial

3.4.5.1 Ventajas y desventajas de la fibra óptica

3.4.5.1.1 Ventajas

- Mayor capacidad de información: Esto debido a su ancho de banda inherentemente mayores con las frecuencia ópticas. Los cables metálicos tienen capacitancia, entre e inductancia a lo largo, que lo hacen funcionar como filtros pasabajos y eso limita sus frecuencia de transmisión, anchos de banda y capacidad de conducción de información.
- Inmunidad a la diafonía: Los cables ópticos son inmunes a la diafonía entre cables vecinos, debido a la inducción magnética. Las fibras de vidrio o de plástico son no conductores de electricidad y, en consecuencia, no tienen campos magnéticos asociados con ellas. En los cables metálicos, la causa principal de la diafonía es la inducción magnética entre conductores ubicados físicamente cercanos entre sí.
- Inmunidad a la interferencia por estática: los cables ópticos son inmunes al ruido de estática que causa la interferencia electromagnética, debida a rayos, motores eléctricos, luces fluorescentes y otras fuentes de ruido eléctrico. Esta inmunidad también se debe a que las fibras ópticas son no conductoras de la electricidad, y a que el ruido eléctrico no afecta la energía en las frecuencias luminosas.

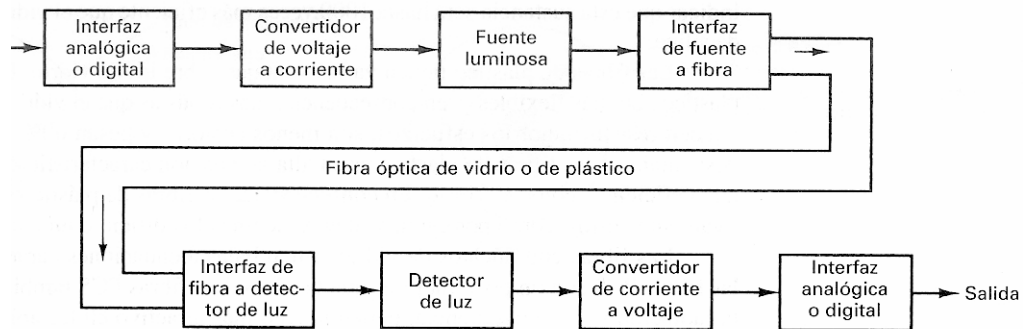
3.4.5.1.2 Desventajas

- **Costos de interconexión:** Los sistemas de fibra óptica son virtualmente inútiles por si mismos. Para ser prácticos se deben de conectar a instalaciones electrónicas normales, lo cuál requiere con frecuencia interconexiones costosas.
- **Potencia eléctrica remota:** a veces es necesario llevar energía eléctrica, a un equipo remoto de interconexión o de regeneración. Esto no se puede hacer con el cable óptico, por lo que se deben de agregar más cables metálicos en el cableado.
- **Herramientas, equipo y adiestramiento especializado:** Las fibras ópticas requieren herramientas especiales para empalmar y reparar cables, y equipos especiales de prueba para hacer mediadas rutinarias. También es difícil y costoso reparar cables de fibra y los técnicos que trabajan con cables de fibra óptica necesitan también tener destrezas y adiestramientos especiales.

3.5 Diagrama de bloques de un sistema de comunicación por fibra óptica

La siguiente figura muestra un diagrama de bloques simplificado de un enlace de comunicaciones con fibra óptica. Los tres bloques principales que lo forman son el transmisor, el receptor y la guía de fibra o fibra guía . El transmisor consiste en una interconexión o interfaz analógica o digital, un convertidor de voltaje a corriente, una fuente luminosa y un acoplador de luz de fuente a fibra. El receptor comprende un dispositivo detector acoplador de fibra a luz, un detector fotoeléctrico, un convertidor de corriente a voltaje, un amplificador y una interfaz analógico a digital.

Figura 11. Enlace simplificado de comunicaciones con fibra óptica



En un transmisor de fibra óptica, la fuente luminosa se puede modular mediante una señal digital o una analógica. Para la modulación analógica, la interfaz de entrada compensa las impedancias y limita la amplitud de la señal de entrada. Para la modulación digital, la fuente original puede tener ya la forma digital o bien, si está en forma analógica, debe de convertirse a una corriente de pulsos digitales. En el último caso se debe de agregar un convertidor de digital a analógico en la interfaz.

El convertidor de voltaje a corriente sirve como interconexión eléctrica entre los circuitos de entrada y la fuente luminosa. Esta fuente luminosa puede ser un diodo emisor de luz (LED, de Light-emitting diode) o un diodo de inyección laser (ILD, de injection laser diode). La cantidad de luz emitida por un LED o un ILD es proporcional a la cantidad de la corriente de excitación. Así, el convertidor de voltaje a corriente convierte un voltaje de señal de entrada en una corriente que se usa para activar la fuente luminosa.

El acoplador entre fuente y fibra (como por ejemplo un lente) es una interfaz mecánica. Su función es acoplar la luz que emite la fuente e introducirla al cable de fibra óptica. La fibra óptica es un núcleo de vidrio o plástico, un revestimiento y una chaqueta protectora. El dispositivo de acoplamiento detector de fibra a luz también es un acoplador mecánico. Su función es sacar tanta luz como sea posible y ponerlo en el detector de luz.

El detector de luz es con mucha frecuencia , un diodo PIN (tipo P tipo n intrínseco) o un fotodiodo de avalancha (APD, de avalanche photodiode). Tanto el diodo APD como el PIN convierten la energía luminosa en corriente. En consecuencia, se necesita un convertidor de corriente a voltaje. El convertidor de corriente a voltaje transforma los cambios de la corriente del detector en cambios de voltaje de la señal de salida.

La interfaz analógica o digital en la salida del receptor también es una interconexión eléctrica. Si se usa modulación analógica, la interfaz compensa las impedancias y los niveles de señal con los circuitos de salida. Si se usa una modulación digital, la interfaz debe de incluir un convertidor de digital a analógico.

3.5.1 Propagación de la luz

La física de la luz, aunque se puede analizar por completo el funcionamiento de las fibras ópticas aplicando la ecuaciones de Maxwell, es una forma complicada por necesidad. Para la mayoría de las aplicaciones prácticas, se puede usar el trazado geométrico de ondas en lugar de las ecuaciones en lugar de las ecuaciones de Maxwell. Con el trazado de rayos se obtienen resultados con exactitud suficiente.

Los átomos pueden irradiarse mediante una fuente luminosa cuya energía sea igual a la diferencia entre el estado fundamental y otro nivel de energía. La energía absorbida o emitida (el fotón) es igual a la diferencia entre los dos niveles de energía, esto es:

$$E_2 - E_1 = E_p \quad (\text{II} - 14)$$

En donde E_p es la energía del fotón. También, $E_p = hf$

Siendo h constante de Planck = 6.625×10^{-34} J-s

f = frecuencia de luz emitida (hertz)

También la energía de los fotones se puede expresar en términos de longitud de onda.

Al sustituir la ecuación $\lambda = c/f$

Se obtiene $E_p = hf$ $E_p = hc/\lambda$ **(II - 15)**

3.6 Velocidad de Propagación

La energía electromagnética, como la luz recorre aproximadamente 300,000,00 Km/s en el espacio libre. También la velocidad de propagación es igual para todas las frecuencias de luz en el espacio libre. Sin embargo, se ha demostrado que en materiales más densos que el espacio libre, la velocidad se reduce. Cuando se reduce la velocidad de una onda electromagnética al pasar de uno a otro medio de un material más denso, el rayo de luz se refracta, o se dobla hacia la normal. También, en materiales más densos que el espacio libre, todas las frecuencias de la luz no se propagan con la misma velocidad.

3.6.1 Índice de refracción

La cantidad de desviación o refracción que sucede en la interfaz de dos materiales de distintas densidades se puede predecir bastante bien, y depende del índice de refracción de los dos materiales.

Este índice de refracción no es más que la relación de velocidad de propagación de un rayo luz en el espacio libre, entre la velocidad de propagación del rayo en determinado material. Aunque el índice de refracción también es una función de la frecuencia, la variación en la mayoría de las aplicaciones, es insignificante y en consecuencia puede en este caso omitirse.

En la siguiente figura podemos ver los ángulos de reflexión y de refracción y los modos de propagación unimodal y multimodal.

Figura 12. Ángulos de reflexión y de refracción

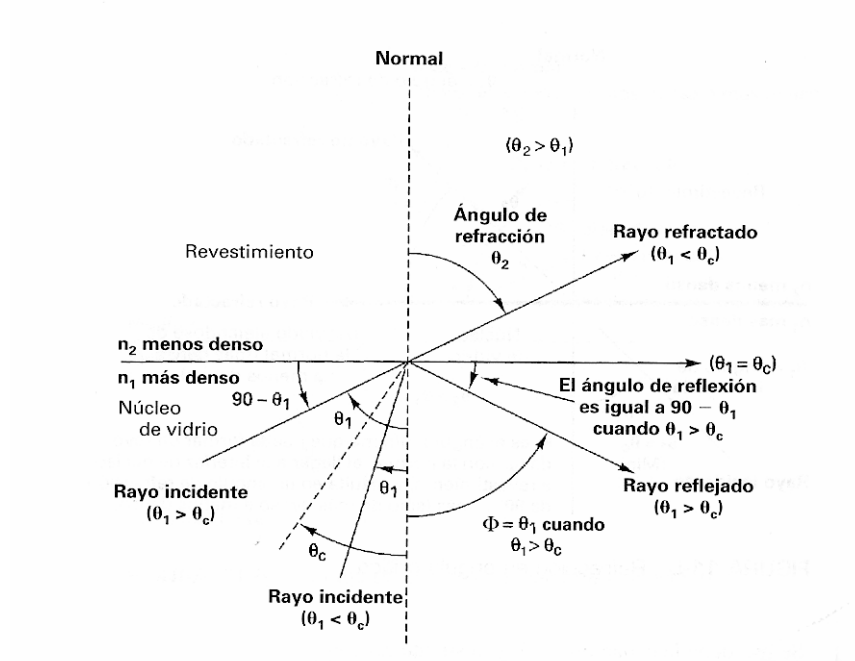
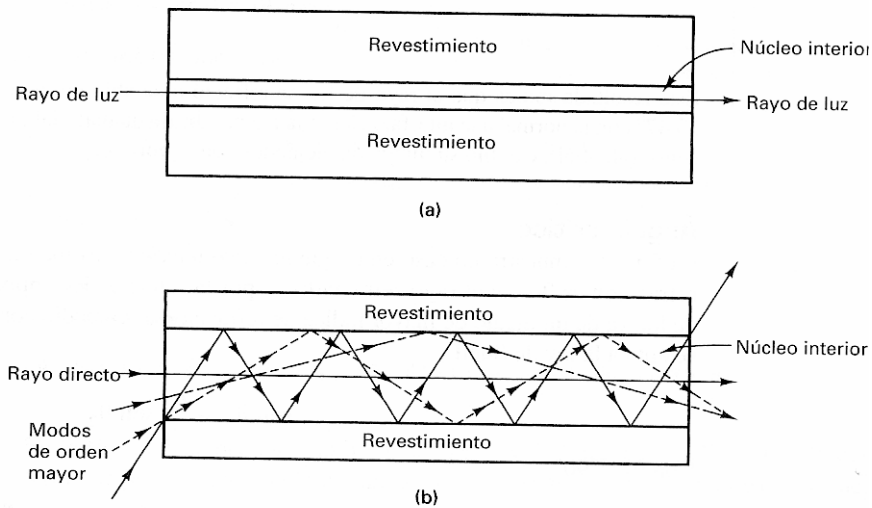


Figura 13 Modos de propagación a. unimodal b. multimodal

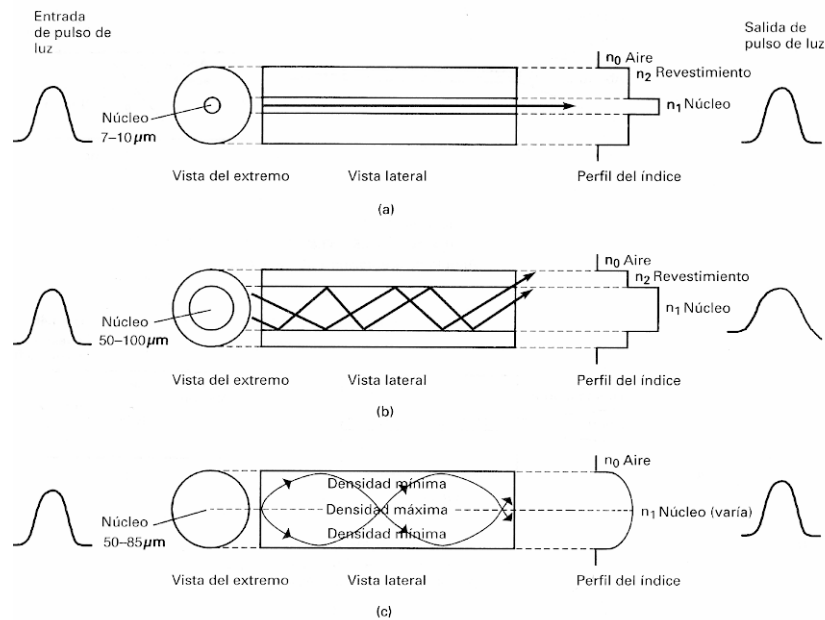


3.7 Modo de propagación de la luz

La luz se puede propagar por un cable de fibra óptica, por refracción o reflexión. La forma en que se propague depende del modo de propagación y del perfil de índice(s) de la fibra. En la tecnología de las fibras ópticas, la palabra modo simplemente quiere decir camino. Si solo hay una trayectoria que pueda tener la luz por el cable, se llama modo único o unimodal.

Si hay más de una trayectoria, se llama modo múltiple o multimodal. La figura 14, muestra la propagación de luz en modo único y en multimodo, por una fibra óptica.

Figura 14. Perfiles de índice en el núcleo (a) unimodal, índice escalonado; (b) multimodal, índice escalonado; (c) multimodal, índice graduado.



3.8 Potencia óptica

La intensidad luminosa es un concepto bastante complejo, que se puede expresar en términos tanto fotométricos como radiométricos. La fotometría es la ciencia de medir solo las ondas luminosas visibles al ojo humano. Por otro lado, la radiometría mide la luz en todo el espectro electromagnético. En términos fotométricos, la intensidad luminosa se describe con más frecuencia en términos de densidad de flujo luminoso, y se mide en lúmenes por unidad de área. Sin embargo, con frecuencia son más útiles los términos radiométricos para el ingeniero.

En términos radioeléctricos, la potencia óptica mide la tasa con la que las ondas electromagnéticas transfieren energía luminosa. En términos sencillos, la potencia óptica se describe como el flujo de energía luminosa que atraviesa determinado punto en un tiempo especificado.

Fuentes ópticas, en esencia solo hay dos dispositivos que se usan con frecuencia para generar luz en sistemas de comunicaciones con fibras ópticas : diodos emisores de luz (LED) y diodos de láser de inyección (ILD, injection laser diode). Ambos dispositivos se fabrican con materiales semiconductores, y tienen sus ventajas y sus desventajas. Los LED normales tienen anchos espectrales de 30 a 50 nm, mientras que los láseres de inyección sólo tienen anchos espectrales de 1 a 3 nm (1 nm corresponde a una frecuencia aproximada de 178 Ghz). Por consiguiente, una fuente luminosa de 1320 nm con ancho de raya espectral de 0.0056 nm tiene una amplitud de banda de frecuencia aproximada de 1Ghz . El ancho de raya es el equivalente, en longitudes de onda, del ancho de banda. La preferencia hacia un dispositivo emisor de luz respecto a otros se determina con los requisitos económicos y d funcionamiento del sistema. El mayor costo de los diodos de láser se compensa con una mayor eficiencia, mientras que los diodos emisores de luz, normalmente, tienen menor costo y menor eficiencia.

3.8 Provisión para enlace en el sistema de fibra óptica

Como en cualquier sistema de comunicaciones, los sistemas de fibra óptica consisten en una fuente y un destino, que están separados por numerosos componentes y dispositivos que introducen diversas cantidades de pérdida o de ganancia a la señal, al propagarse a través del sistema.

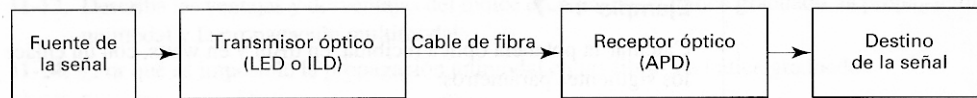
La figura 13, muestra dos configuraciones normales de sistemas de comunicaciones con fibra óptica.

En la figura 13, en la parte “a” se muestra un sistema sin repetidoras, en donde la fuente y el destino se interconectan a través de uno o más tramos de cable óptico. En un sistema sin repetidoras no hay amplificadores ni regeneradores entre la fuente y el destino. La figura en la parte “b” representa un sistema de fibra óptica que incluye una repetidora que puede ampliar o regenerar la señal. Los sistemas con repetidora se usan, claro está, cuando la fuente y el destino están separados por grandes distancias.

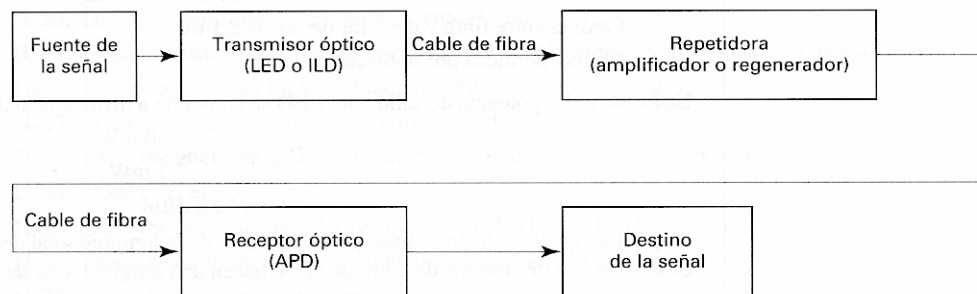
Las necesidades de enlace se calculan en general entre una fuente luminosa y un detector de luz, en consecuencia, para nuestro ejemplo, se buscan provisiones para un sistema sin repetidoras. Este consiste en una fuente luminosa, como un LED ó un ILD, y un detector de luz, como por ejemplo un APD, conectados con fibra óptica y conectores. En consecuencia, la provisión de enlace consiste en una fuente de potencia luminosa, un detector de luz y diversas pérdidas en el cable y conectores. Las pérdidas características de los enlaces de fibra óptica incluyen las siguientes:

- Pérdidas en el cable. Las pérdidas en el cable dependen de la longitud, del material y de la pureza del material del cable. En general, se especifican en db/km, y pueden variar desde décimas de db hasta varios db por km.
- Pérdidas en el conector. A veces se usan conectores mecánicos para unir dos tramos de cable. Si la conexión mecánica no es perfecta, puede escapar energía luminosa y causar una reducción de la potencia óptica. Las pérdidas en el conector suelen variar entre una décimas de db para cada conector.
- Pérdida en interfaz de fuente a cable. La interfaz mecánica que se usa para contener la fuente de luz y fijarlo al cable tampoco es perfecta y, en consecuencia, evita que un pequeño porcentaje de la potencia que sale del cable entre al detector de luz. Esto, naturalmente representa una pérdida para el sistema, que pueden ser de algunas décimas de dB.

Figura 13. Sistemas de comunicaciones por fibra óptica (a) sin repetidoras (b) con repetidoras.



(a)



(b)

- Pérdida en empalmes. Si se requiere más que un tramo continuo de cable, se pueden fundir (empalmar los tramos. Como los empalmes no son perfectos, se pueden introducir pérdidas que van desde un par de décimas de dB hasta varios dB en la señal.
- Doblecés del cable. Cuando un cable óptico se dobla formando un ángulo muy agudo, sus características internas cambian radicalmente. Si los dobleces son grandes, ya no se lograrán las reflexiones totales de algunos de los rayos de luz, y se refractarán. La luz refractada en la interfaz entre el núcleo y el revestimiento entra al revestimiento y causa una pérdida neta de la señal, de algunas décimas de db hasta varios db.

3.10 Especificaciones técnicas del cable de fibra óptica a utilizar en el presente proyecto

3.10.1 Generalidades

Este documento especifica el cable de tubo holgado, con un miembro central dieléctrico, el cable puede contener hasta 36 tubos con 12 fibras cada uno.

La chaqueta del cable tiene incorporado un tipo de polietileno para hacerlo resistente a los rayos ultravioleta, también hilos de acero para darle protección mecánica.

El cable ha sido diseñado para uso o aplicaciones en exteriores, en ductos o directamente enterrado.

3.10.2 Descripción del cable

El cable puede contener hasta 432 fibras, los tubos y cada una de las fibras tienen un código de colores para su fácil identificación.

Los tubos son rellenos por medio de una gel para evitar la penetración del agua.

Los tubos son colocados alrededor del miembro central dieléctrico, se colocan tubos compactos sin nada alrededor cuando sea necesario ocupar un espacio para que el cable quede bien formado estéticamente.

Un tape armado de aluminio corrugado es colocado longitudinalmente, luego encima se coloca un material de PVC color negro para protección de los rayos ultravioleta, un tipo de material seco es colocado en el centro del cable para evitar también la penetración del agua. Se colocan dos cintas de hilo grueso a 180 grados cada una para poder facilitar el corte de la chaqueta del cable.

3.11 Dimensiones nominales y peso

Tabla V. Dimensiones nominales y peso

Número de tubos	Peso Nominal kg/Km	Diámetro Nominal mm
Hasta 5	180	13.5
6	190	14
8	240	16
12	310	18
18	310	18.5
24	390	22
36	430	23

3.12 Características de la fibra óptica

3.12.1 Fibra monomodo

La fibra cumple con las características y requerimientos de los estándares ITU-T G.652 para la fibra óptica monomodo de 9/125 μm .

Tabla VI. Propiedades ópticas de la fibra.

Propiedades	Especificaciones
Propiedades ópticas	
Atenuación @1310 nm	≤ 0.35 db/km
Atenuación @1550 nm	≤ 0.22 db/km
Punto de discontinuidad	≤ 0.1 db
Atenuación	≤ 0.05 db @ 1310 nm and ≤ 0.10 db @ 1550 nm para 100 vueltas ≤ 0.5 db @1550 nm por cada vuelta
Dispersión cromática	≤ 0.092 ps/km/nm ²
Longitud de onda de dispersión cromática cero	1300 - 1322 nm
Diámetro de modo de campo@1310	9.2 ± 0.5 μ m
Diámetro de modo de campo@1550	10.4 ± 0.5 μ m
Error de concentricidad	< 1 μ m

Tabla VII. Propiedades mecánicas de la fibra óptica

PRUEBAS	DETALLES DE LA ESPECIFICACION	Procedimiento de la prueba	
		Método de prueba IEC-60794-1-2	TIE/EIA - 455
Máxima tracción de carga (MTC)	1500 newtons	E1	33
Máxima carga de operación	60% de la MTC	E1	33
Radio mínimo de curvatura	20 veces el diámetro del cable	E11	104
Máxima carga de compresión	6000 N	E3	41
Resistencia al impacto (Según diámetro de la fibra)	4.4 J. 2 a 3 veces 7.0 J 2 a 3 veces 10 J 2 a 3 veces 13 J 2 a 3 veces	E4	25
Hasta 15 mm			
15 a 17.5 mm			
17 a 20 mm			
Más de 20 mm			
Torsión	10 vueltas de 180 grados.	E7	85
Rango de temperatura para almacenamiento	menos 50° C a +70° C	F1	3
Rango de temperatura para operación	menos 40° C a +70° C	F1	3

Tabla VIII. Tabla indicadora del código de colores de los tubos y de las fibras.

NUMERO TUBO /FIBRA	COLOR	NUMERO TUBO /FIBRA	COLOR	NUMERO TUBO /FIBRA	COLOR
1	Azul	5	Gris	9	Amarillo
2	Naranja	6	Blanco	10	Violeta
3	Verde	7	Rojo	11	Rosado
4	Café	8	Negro	12	Turquesa

4. CONSTRUCCIÓN DEL SITIO DE CELDA QUE INCLUYE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA, PARA LA RED ALÁMBRICA (SHELTER) E INALÁMBRICA (CDMA 450 Mhz)

4.1 Tablero de distribución

Debe contar con un tablero de distribución de energía (empotrado en muro) de una marca conocida, de 24 polos, 120/240 voltios, con barras de 150 amperios, interruptor termomagnético de protección de tablero de 2x75 amperios, incorporado, alimentado del tablero principal (interruptor termomagnético de 2x75 instalado en la columna de acometida eléctrica), con neutro aislado y barra de puesta a tierra.

4.2 Código de colores

Líneas vivas, con cable color negro, azul y rojo.

Línea neutro, con cable color blanco

Línea a tierra, color verde.

4.3 Cableado

El calibre de los cables de alimentación del tablero principal (interruptor principal de 2x75 amperios, instalado en la columna de acometida) al tablero de distribución debe ser THHN AWG # 2, la toma del aire acondicionado con cable THHN AWG # 10, tomacorrientes e iluminación con cable THHN AWG # 12.

4.4 Instalación del tablero

Altura máxima de la parte superior del tablero de distribución de energía, 1.80 metros. Debe de tener instalados tres tubos de 2", empotrados que comuniquen con el registro de piso que está debajo del tablero.

Se deben de instalar los interruptores (breakers) que se indican a continuación:

Breakers para radio base de 2x50 amperios, que deben de ser de la misma marca del tablero, también para aire acondicionado de 2x30 amperios, para rectificador de 1x20 dos unidades con cableado AWG # 12 para cada uno.

Breakers de iluminación de la caseta de 1x15, también de fuerza de la caseta de 1x15, y de iluminación exterior de 1x15.

4.5 Colocación de ductos y cableado

- De la caja de registro RH de acometida eléctrica a la caja derivadora y luego hacia el tablero de distribución, instalar 3 tubos de diámetro de 2" de vinil naranja o gris eléctrico, con el siguiente cableado 2 THHW # 2 color negro, más un THHW # 2 color blanco, este cableado en uno de los ductos, quedando 2 ductos libres, Este cableado conectará el breaker de protección principal y el tablero de distribución de la caseta.

- Del tablero de distribución a base de metrocelda, se deberá instalar dos tubos de dos pulgadas de diámetro de vinil naranja o gris eléctrico , con el siguiente cableado: 2 THHW # 2, color negro, más un THHW # 2 color blanco, los cuales deben de calcular su longitud para conectar a la metrocelda y el otro extremo conectarlo al breaker de 2 x 50 amperios.
 - Instalar también del tablero principal a la base de la torre un tubo de 2" para poder conecta hacia un breaker de protección de 1 x 15 amperios.
 - También se deberá instalar de la base de metrocelda a la caseta de transmisión un tubo de 2" para el E! o sea el cable de fibra óptica que se conectará entre esos dos puntos.
 - También se debe de instalar un tubo de 2" del tablero principal a la base del motogenerador, para posteriormente instalar el cableado según lo indicarán los planos, así mismo se debe de instalar la tubería para los reflectores de intemperie y las conexiones hacia la fotocelda.
 - La construcción de la columna de acometida eléctrica: su ubicación debe de ser de acuerdo al plano y tener cuidado de dejarla del lado en donde está la estación de transformación de la empresa eléctrica, para evitar problemas de tenerla que cambiar posteriormente.
- Se debe de colocar una bombilla de 60 watts en el centro del techo de la caseta. La cuál debe de encenderse mediante interruptor ubicado a 1.50 metros de altura y lo más cercano a la puerta.

Tres bases con dos reflectores para intemperie cada una, de 75 watts cada reflector, los cuales deben de encenderse mediante la señal de fotocelda.

Debe de dejarse canalización hacia la losa de la caseta para la instalación de la fotocelda (la misma debe de quedar debidamente instalada).

El calibre del cable a utilizar será THHN AWG # 12 forrado, con protección de 15 amperios. Tubo vinil de $\frac{3}{4}$ ", con todos sus accesorios (vueltas a 90 grados, coplas conectores, etc.) color naranja o gris eléctrico.

Debe de considerarse la canalización respectiva para la iluminación exterior en el muro perimetral con ducto eléctrico de $\frac{3}{4}$ " y cajas de registro octogonales de 4" x 4" x 2" a una altura de 2.5 metros.

La iluminación exterior debe de considerar iluminar la base para el motor generador, la base para el tanque mensual, la base de la torre, la base para la metrocelda, y el portón de entrada principal. Esto por medio de reflectores para intemperie de 75 watts, los cuales deben de encenderse mediante la señal de la fotocelda. Separada de la caseta, e instalada sobre el muro perimetral.

4.6 Accesorios a utilizar

Se debe de utilizar conectores plásticos, para unir los ductos eléctricos y las cajas octogonales, utilizar coplas para unir la tubería en tramos seguidos, no realizar uniones hechizas (balonas), se deben de instalar también dos fotoceldas para accionar los reflectores.

4.6.1 Accesorio de entrada

La altura del accesorio de entrada debe ser de 5.50 metros del nivel del piso de la calle, con cables de entrada 3 THHN AWG No. 2, conectado al breaker de protección principal, con un exceso de cable de 3 metros como mínimo para la conexión del transformador para la entrada de la acometida, con un tubo de entrada de 1 pulgada y media de diámetro.

4.6.2 Caja socket

La caja socket para la instalación del contador debe de ser clase 200, a una altura del nivel de piso de la calle de 1.80 metros a la parte superior de la caja. El neutro debe estar puesto a tierra en la entrada y unido al sistema de tierra.

La ubicación de la caja socket debe ser instalada con vista hacia la calle. La interconexión de la caja socket hacia la caja RH debe de hacerse con un tubo vinil eléctrico de 2”.

4.6.3 Caja RH

Se debe de instalar una caja tipo RH industrial, con breaker de protección de 2x75 amperios, alambrado con cable THHN AWG No. 2.

La ubicación de la caja RH debe ser instalada con vista hacia el interior del sitio.

4.7.1 Sistema de fuerza

Dos cajas rectangulares plásticas de 2"x2"X4", para dos tomacorrientes polarizados que servirá para la instalación del rectificador, los mismos deben de quedar a 1.40 metros de altura y a 0.60 metros de la pared adyacente en la esquina opuesta a la entrada de la caseta o en donde se indique por medio de los planos.

Deberá canalizarse desde el tablero con dos tubos vinil color naranja de $\frac{3}{4}$ " y sus accesorios, la protección del circuito debe de ser de 1 x 20 amperios, dos unidades cableado con THHN #12.

4.7.2 Fuerza para unidad de aire acondicionado

Deberá instalarse el tomacorriente polarizado de 240 VAC, cableado según las especificaciones de calibres y colores mencionados anteriormente, ya 1.80 metros de altura.

Este circuito debe de ser exclusivo para el aire acondicionado, con protección termomagnética de 2x30 amperios, cableado con dos líneas vivas y tierra, no lleva línea neutra, todo con cable THHN calibre 10.

4.8 Caseta de transmisión

Se considera una superficie externa de 3.30 x 3.30 mts y un área de 10.89 mts. cuadrados internamente, la caseta deberá tener una dimensión de 3.00 x 3.00 mts con un área de 9 mts cuadrados. Escalera externa e interna para la colocación de los cables.

Se debe de instalar una escalera de 6" galvanizada como se indica en planos y la externa debe instalarse internamente de la caseta hacia la torre, la escalera interna debe de tener soportes en la pared y la externa soportes tipo bandera, todo completamente galvanizado por inmersión en caliente.

4.8 Sistema de tierras de la acometida, caseta y bases

- Para el sistema de tierras no se permite ningún empalme intermedio para ningún conductor ni de corriente directa, ni de corriente alterna ni mucho menos para el sistema de tierra.

- El aterrizaje de neutro de la acometida, debe de realizarse únicamente en la caja del breaker principal en la columna, con cable forrado color verde y calibre AWG # 6 soldado al electrodo que estará al pie de la columna. Deberá estar interconectado con el sistema de anillos del sitio de celda.

- El electrodo de pie de columna deberá tener un registro aparte del registro de cableado de energía, interconectado a este, por medio de un ducto eléctrico plástico de ¾", para pasar el cable forrado de tierra # 6.

Debe de considerarse cuatro electrodos para el anillo de la caseta, tres exteriores y uno interno, todos los electrodos exteriores deberán de contar con una caja de registro, para mediciones futuras y mantenimiento, el conductor deberá ser como mínimo AWG 2/0 desnudo diseñado para sistemas de tierras y unidos entre si por electrodos con soldadura exotérmica cadweld.

- Tanto los electrodos como el cable conductor deberá tener una separación del concreto de la banqueta de la caseta de 0.60 metros.
- El conductor en mención debe de instalarse a una profundidad de 0.60 metros.
- La estructura de la caseta debe de aterrizarse como mínimo en las cuatro esquinas, con cada electrodo de la misma, con el objeto de evitar las cargas electrostáticas de la misma.
- La distancia entre electrodos, debe de ser menos o igual a 4.00 metros.
- La medida de cada electrodo deberá ser de 5/8" por 8', con revestimiento de cobre electrolítico puro (copperweld) y un espesor mínimo de 0.254 mm. Y debe dejarse adentro del registro, 0.40 metros para poder realizar una o más soldaduras.
- Las medidas de la barra de tierra (platina de cobre), deben ser (0.50x0.10x0.01) metros (largo, ancho y espesor), con aisladores 10-15 y su base, la misma debe instalarse en la parte inferior del tablero de distribución, se debe de verificar que no se obstruya la fijación de la misma con los ductos que llegan al tablero.
- Para el sistema de puesta a tierra debe de usarse terminal de doble agujero, cable AWG 2/0 para tornillo de 3/8". Deben existir dos puntos de conexión entre la barra de tierra y el sistema de anillos, uno en cada extremo (por seguridad no deben de salir del mismo electrodo).

- La medición del sistema de tierra en cada sitio de celda al final de la instalación, deberá ser menor a 5 ohms de lo cuál se debe de presentar la medición por escrito, para seguridad de las personas que ingresan a esa área.
- Se debe de construir anillos de tierras alrededor de cada una de las bases a construir, para esto se debe de regir por el plano de sistema de tierras del sitio, todos los anillos deben de estar unidos entre sí incluyendo el anillo den tierras de la torre.
- La interconexión entre anillos debe de hacerse en dos puntos con soldadura, deben de ir separados los cables desnudos con los de energía.
- En las bases del motogenerador, tanque mensual se requiere que se deje un excedente de 2.00 metros de cable desnudo AWG 2/= por encima del nivel superior de dichas bases.
- Para el caso de la metrocelda se requieren que se dejen dos excedentes de cable, por encima del nivel superior de la base. Las cuales deberán provenir de diferentes puntos, en la caja de registro que queda entre la torre y la radiobase se debe de dejar dos excedentes de cable 2/0 desnudo de 5.00 metros de largo el cuál servirá para conectar la platina de la torre.
- Se debe de verificar el plano de las tierras en el sitio de celda para complementar la información de los trabajos a efectuar; todas las cajas de registro de tierra exteriores en los sitios de celda deben de estar cubiertas con tapaderas ajustadas a las cajas de registro.

El sistema de tierras debe de unirse con cables de cobre # 2/0 desnudo a la varilla de cobre por medio de soldadura tipo cadweld, así como también unirlo al sistema de tierras de la torre.

Cuando el terreno sea rocoso y se dificulte la penetración de un electrodo normal, se hará uso de electrodos especiales y/o tratamientos químicos y/o canastas. Como se indicó se deben de efectuar mediciones de tierra, las cuales deben de dar como máximo 5 Ohm.

4.10 Sistema de Transmisión

Para el sistema de transmisión se deben de construir orificios para el paso de cables del lado más cercano a la torre, cuando la transmisión es por medio de microondas.

Estos orificios deberán quedar completamente sellados cuando sean instalados los cables, los orificios deberán de coincidir con la escalerilla de 6" que va hacia la torre en la parte superior y con la escalerilla interna en la caseta.

Para la instalación de la fibra óptica se debe de colocar el ducto de PVC eléctrico de 2 pulgadas, para poder llegar hasta el punto en donde estará el ODF (Optical Distribution Frame) ó distribuidor óptico dentro del sitio de celda.

Se deben de hacer todos los trabajos de obra civil que se necesitan para poder completar el sitio de celda como lo es el muro perimetral, lo cuál incluye colocación de armaduras para cimentación y columnas, fundición de cimentación, levantado de muro, armado y fundición de soleras, acera peatonal externa, instalación del portón, instalación de alambre de seguridad (Razor Ribbon) y sus obras complementarias como puede ser esparcir piedrín etc.

4.11 Instalación eléctrica cuando no se construye caseta (Sistema outdoor)

En los sitios de celda en donde no se solicite la construcción de la caseta de transmisión se debe de instalar el tablero de energía en un marco formado por dos tubos HG de diámetro de 3 pulgadas y rieles unicanal (unistrut).

Todos los ductos de entrada al tablero de distribución deben ser de HG con la medida y la cantidad de ductos que se indiquen en el plano, en cada sitio de celda y según sus especificaciones.

El tablero debe de tener las siguientes características:

Dimensiones 0.97 mts de alto x 0.51 mts de ancho x.0.23 mts de fondo, debe de contar con un tablero de distribución de energía marca General Electric, de 24 polos, 120/240 voltios, con barras de 150 amperios, interruptor termomagnético de protección de tablero de 2 x 75 amperios, incorporado, alimentado del tablero principal (interruptor termomagnético de 2 x 75 instalado en la columna de acometida eléctrica).

Con neutro aislado y barra puesta a tierra, el tablero debe de ser de lámina galvanizada con pintura gris tipo NEMA 3R, el tablero debe de tener una inclinación y un saliente o pestaña de 0.05 mts en la parte superior para evitar la acumulación y filtración de agua.

Platina de puesta a tierra de iguales características que para la caseta de transmisión, la cuál debe de estar conectada al sistema de tierra y a la misma se deben de aterrizar los tableros.

Los tomacorrientes de exterior se deben de instalar como se indica en el plano de energía.

Los marcos que se harán con tubos HG se le deben de colocar tapones y sus rieles unicanal, los tubos deben de colocarse en bases de concreto de 0.25 x 0.25 x 0.60, con saliente de 0.10 mts sobre el nivel del piso para evitar la corrosión de los tubos, todos los ductos que no sean cableados se deben de dejar enguñados con alambre galvanizado.

4.12 Bases a construir, bases para metrocelda

En la construcción del sitio de celda deben de existir los espacios necesarios para construir las bases para montar los equipos, entre estas tenemos la base para la metrocelda, la cuál se ubicará conforme el plano del sitio de celda, se necesita para el trazo un espacio de 2.25 mts x 5.00 mts (salvo con una indicación contraria) debido al sitio, entre otras también tenemos la base para el motogenerador, base para tanque mensual.

Cajas de registro a utilizar y caja de cables de entrada, debe de fabricarse una caja de registro de 0.60x 0.60x0.60 metros con su respectiva tapadera de concreto tipo sombrero y concreto en la parte inferior de la caja.

Esta deberá de instalarse al pié de la columna ne la parte interior del sitio a una distancia de 0.30 metros.

Caja de puesta a tierra, debe de fabricarse una caja de registro de tierra con su respectiva tapadera de rejilla galvanizada, ubicarla al lado e interconectarla con la caja de registro de cables de entrada en la parte interior del sitio con un electrodo de cobre de 5/8" x 8" con revestimiento de cobre electrolítico puro y un espesor mínimo de 0.254 metros.

4.13 Generador de emergencia (Grupo electrógeno)

El generador de emergencia es un equipo indispensable para el funcionamiento de un sitio de celda, existen diferentes marcas y modelos, pero, me enfocaré en uno que es el que más utilizan los operadores de telecomunicaciones que prestan el servicio en Guatemala.

4.13.1 Aplicación e instalación

Un sistema de energía de reserva debe de ser cuidadosamente planificado y correctamente instalado para asegurar el buen funcionamiento. Para esto se requieren dos elementos esenciales. La aplicación y la instalación.

Aplicación se refiere al diseño completo de generación de energía de reserva. El grupo electrógeno es nada más que un componente del sistema integrado que consta del equipo de distribución de energía, interruptores de transferencia, equipo de ventilación, bloques de montaje y los sistemas de enfriamiento escape y combustible.

Cada componente debe de estar diseñado correctamente para asegurar que el sistema funcionará de la manera anticipada. La aplicación y diseño son trabajos de ingeniería.

Instalación se refiere a los trabajos de preparación y armado del sistema de energía de reserva. Los instaladores preparan y conectan los componentes del sistema de acuerdo con las indicaciones del plan de diseño del sistema. Debido a la complejidad del sistema de energía de reserva, normalmente se necesitan los esfuerzos especializados de personal técnico calificado.

4.13.2 Instalación del generador

Los trabajos para la instalación del generador de emergencia incluyen la conexión de la carga, la instalación del cableado de control y la conexión de las baterías la cuales siempre deben de conectarse al final para evitar un arranque inesperado de la unidad durante la instalación.

4.13.2.1 Interruptor de transferencia

Debido a que el sistema es para servicio de emergencia, se debe de conectar un conmutador de transferencia para cambiar la carga de la red comercial de la empresa eléctrica al generador de emergencia.

El interruptor de transferencia puede ser del tipo manual o automático, También se utiliza como medio de conmutación contactores de acuerdo a la capacidad de amperios en el equipo. Las instrucciones para la conexión del control de transferencia automática de carga se incluye con dicho equipo.

4.13.2.2 Conexiones de voltaje del generador

El voltaje de salida del generador y la corriente nominal máxima se especifican en la placa de datos del generador. El voltaje de línea neutro siempre es el voltaje más bajo indicado en la placa, estos generadores pueden configurarse para los voltajes indicados, pero, el generador se conecta al voltaje deseado por el cliente desde la fábrica, por lo que no es necesario realizar ninguna conexión por el usuario,

4.13.2.2.1 Conexión de la carga

Todas las cargas se conectan al generador, los conductores de las mismas a los bornes correspondientes a los bloques de bornes del generador. Los bornes están marcados T1, T2, T3 y T0 para indicar las conexiones de línea y neutro (T1, T2, T3 corresponden a L1, L2, L3 para conexiones trifásicas y T0 corresponden al neutro).

4.13.2.2.2 Balanceo de la carga

Cuando se conectan cargas al generador de emergencia, se deben de equilibrar para que la corriente en cada borne de línea (L1, L2 y L3) sea aproximadamente igual.

Esto es de importancia especial cuando se conectan cargas monofásicas y trifásicas es posible siempre que cada corriente de línea sea aproximadamente igual, dentro de un límite del 10% del valor mediano, y que ninguna de las corrientes exceda el valor nominal especificado en la placa de datos.

Después de hacer las conexiones, medir la corriente en cada línea con el amperímetro en el tablero de control.

4.13.2.2.3 Conexión a tierra

La conexión a tierra consiste en una conexión conductiva entre una buena tierra y las piezas metálicas del generador o uno de los circuitos eléctricos del mismo.

El diseño y la instalación del sistema de conexión a tierra están afectados por muchos factores, tales como el uso de transformadores múltiples, los requisitos de protección contra pérdida a tierra y la ubicación física del generador.

4.14 Especificaciones técnicas del generador de emergencia para ser instalado en un sitio de celda.

Tabla IX Especificaciones técnicas del generador

MODELO	40SC4B3.9-G2
Motor	
Cummins diesel serie	4B3.9-G2
Potencia bruta a 1800 rpm	68HP
Consumo de combustible	14 lt / hr diesel
Generador	
Trifásico de 60 Hz	40kW
Kva a F. de P. De 0.8	46
Sistema de combustible	
Conector de suministro	1/4 - 18 NPTF
Conector de retorno	Tubo D.E. 0.19
Bomba de combustible (Capacidad)	1.5 m
Sistema de escape	
Salida (roscas de tubería)	3 pulgadas
Contrapresión máxima permisible	10.2 kPa (41 in H2O)
Sistema eléctrico	
Voltaje de arranque CC	12 V CC
Batería 27 celdas	1 de 12 V
Amperios arranque en frío menos 18° C	1000 Amp.

5. SHELTER REMOTO Y UNIDAD DE LÍNEAS DIGITALES CONECTADO POR FIBRA ÓPTICA

5.1 Generalidades

Las líneas de abonado y las unidades de líneas de acceso para PBX's, están conectadas vía unidades de líneas digitales (DLU's). Las DLU también proveen interfases a las redes de acceso de diferentes abonados.

Las DLU's también pueden ser instalados como parte de los nodos de las redes en un edificio de la central local o como una unidad de conexión remota en las cercanías de un grupo de abonados.

Las líneas cortas de los abonados obtenidas de esta manera y la concentración del tráfico de los abonados al nodo de la red, sobre un enlace digital y de fibra óptica resulta una red de abonado económico y con una óptima calidad de transmisión.

Para la conexión de pequeños grupos de abonados remotos, las unidades digitales de líneas (DLU's) pueden ser acomodados en shelter remotos formándose lo que se llama shelter remoto de unidades de líneas digitales (RSDLU).

Los Shelters son construidos con una doble pared de aluminio los cuales pueden ser instalados al aire libre o en alguna habitación. Estos son resistentes a las condiciones climáticas, hermético al polvo, resistente a corrosiones químicas y tiene su propio equipo de aire acondicionado.

Al frente tienen dos puertas las cuales proveen un buen acceso a los equipos que se encuentran dentro del shelter, estos son: Bastidores para la unidad de líneas digitales (DLU), paneles de AC/DC, equipo de transmisión, rectificadores, módem de distribución DDLU, baterías, aire acondicionado y ventilador. A un lado del shelter se tiene otra puerta la cuál da acceso a los bastidores de distribución (MDF/DDF), los paneles de acceso principales (MAP), los protectores principales de sobrevoltaje y descargas electromagnéticas (LOP), los cables entran por el lado de abajo, el acceso por la parte de atrás no es necesario, lo cuál significa que el shelter se puede instalar pegado a una pared en una base sólida o dentro de un edificio.

La descripción siguiente nos puede dar una visión de las diferentes capacidades de shelter que pueden ser instalados aquí en Guatemala:

- Hasta 440 abonados “Shelter remoto DLU 400”
- Hasta 680 abonados “Shelter remoto DLU 700”
- Hasta 936 abonados “Shelter remoto DLU 1000”

Adicionalmente la variante de shelter con 160 abonados “shelter remoto de 150 abonados” también se puede instalar, pero no está incluida la descripción en este material debido a que el costo es alto y no es conveniente instalarlo en nuestro medio.

El shelter está equipado con equipo de transmisión óptica con capacidades de entre 2Mbit/s y 622Mbit/s y con equipo de transmisión HDSL (High bit rate digital subscriber line) línea de abonado digital con alta tasa de transferencia de bits, se puede conectar a líneas de abonado de cobre así como también para líneas de radio, en nuestro medio se utiliza específicamente para líneas de abonado conectadas al shelter por medio de cable multipar trenzado.

Iniciales utilizadas en la figura anterior

HDSL	Línea de abonado digital de alto rango de bits
OF	Fibra óptica
DDLU	Unidad de distribución de líneas digitales (anillo)
PDH	Jerarquía digital plesiócrona
RNT	Terminación de red de radio
SDH	Jerarquía digital síncrona
SMT1D	Multiplexor terminal síncrono dual
STM	Modo de transferencia síncrona

5.2 Estructura del shelter:

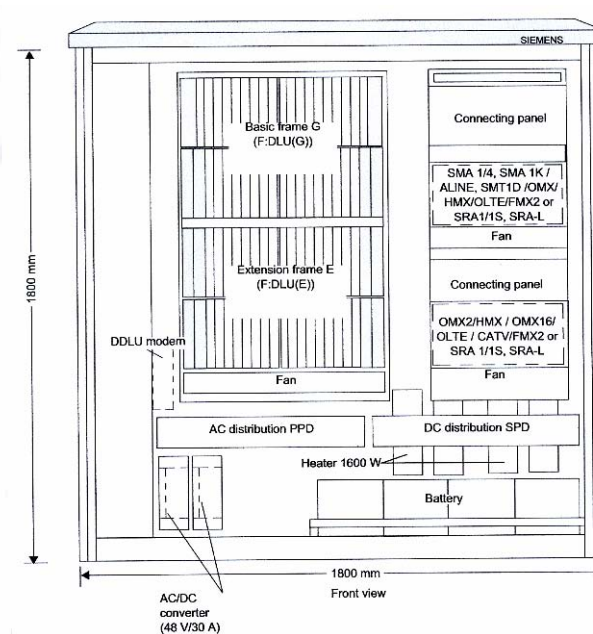
El shelter puede contener el siguiente equipo:

- Shelter remoto DLU 400
Bastidor básico D para DLUB ó bastidor básico G para DLUB
- Shelter remoto DLU 700
Bastidor básico F: DLU (D) o F: DLU (G) y también extensión de bastidor F para DLUB (F:DLU(F))
- Shelter remoto DLU 1000
Bastidor básico F: DLU (G) y también extensión de bastidor E para DLUB (F:DLU(E))
- Servicio de líneas de datos vía sistema FMX2

- El multiplex flexible FMX2 es conectado a un adaptador especial NT instalado en la casa del cliente, proveyendo el servicio de 2 Mbit/s.
- Equipo de transmisión para el shelter
El siguiente equipo de transmisión se provee en el shelter para conexión al nodo de red o para la conexión de shelters adicionales en una configuración anillo o estrella.
Tecnología de transmisión en jerarquía plesiócrona digital (PDH), dentro del shelter:
 - Terminal multiplexor óptico HDSL para 2Mbit/s (OMX2/HMX)
 - Equipo de línea de terminal óptica (OLTE8)
 - Sistema de radio digital (SRA-L), la tecnología PDH también puede ser integrada en el hardware DLU.
 - Distribuidores: MDF / DDF y caja para las conexiones de la fibra óptica.
 - Aire acondicionado y ventilador.
 - Modem para DDLU.
 - Unidad de suministro de energía, incluyendo baterías en espera de 50 amperios/hora cada una.

La figura 17, muestra la disposición del equipo dentro de un RDSLÚ de una capacidad de rack de 1,000 líneas telefónicas.

Figura 17. Shelter remoto DLU 1000 (Vista frontal)



5.3 Funciones del shelter

Esta sección provee una visión de las unidades funcionales en el shelter.

5.3.1 Unidad de Líneas Digitales (DLU)

Unidades funcionales

Funciones centrales (Sistema DLU)

Las unidades centrales funcionales del DLU son duplicadas y juntas forman el sistema DLU O y 1, un sistema DLU incluye:

- Control para el DLU (DLUC)
- Unidad digital de interfase para el DLU (DIUD)
- Reloj generador (GCG)
- Bus distribuidor(BD)
- Set de alarmas externas; solamente forman parte del sistema DLU.

5.3.2 Módulos de línea de abonado

La interfase a los abonados la provee el módulo de líneas de abonado(SLM).

- El módulo de líneas de abonado (SLM), análogo (SLMA:FPE) con 16 circuitos de abonado analógicos (SLCA), también con 4 o 8 SLCs para tipos especiales de líneas.

Depende de la versión del sistema, el SMLA puede ser utilizado con 167 SLCAAs (derivado del SLMA:FPE) con una función de prueba integrada.

- Módulo de línea de abonado, digital (SMLD) con 16 circuitos de abonados digital (SLCD) por módulo.

5.3.2.1 Interfases V5.1

El hardware de la red de acceso de abonados puede ser conectado a él DLU vía la interfase V5.1

- Módulo de línea de abonados para la unidad de línea digital (DLU), con dos interfases V5.1 por módulo.

5.3.2.2. Equipo de emergencia DLU

El modo de emergencia del DLU provee conexión a los abonados con la posibilidad de hacer las conexiones a través de otro enlace (tráfico DLU interno)

5.3.2.3 Circuito externo de alarma (ALEX)

El circuito externo de alarma se utiliza para acomodar y transmitir un máximo de 16 alarmas internas como lo son: falló de la energía, puerta mal cerrada etc. hacia el nodo de la red y/o al centro de operación y mantenimiento.

5.3.2.4 Generación externa del timbrado y medición de voltajes

La práctica estándar es utilizar SLMAs con el sonido del timbrado interno y voltajes de medición. Sin embargo y dependiendo del proyecto, los SLMAs pueden ser requeridos con el sonido del timbre externo y la medición de voltajes.

- Generador del voltaje para el timbrado del teléfono (RGB).
Generalmente son requeridos voltajes de timbrado y la señal síncrona para el tono de conexión, para los circuitos de los abonados que son análogos con voltaje de timbrado externo.
- Generador de voltaje de medición (MGB)
El MGB provee los pulsos de carga de la llamada para los circuitos de líneas de abonados analógicos con generación de voltaje de medición externo.

5.4 Pruebas y mediciones

Las pruebas y mediciones en los circuitos de líneas de abonado, consistentes en un terminal de abonado y una línea o circuito de abonado, puede ser medida con la unidad de medición (TU), esta cumple la función de módulo de medición para la unidad de prueba, no es necesario este modulo si es utilizado un sistema integrado con función de prueba de líneas, con esta función de prueba de línea integrada (ILTF), cada ILTF adopta la función de prueba de la unidad de medición y es capaz de probar por si misma y de conectarse inclusive a la línea de abonado y a su equipo terminal.

5.5 Unidad de distribución de líneas digitales (DDLU)

Un anillo de fibra óptica hasta con 63 pequeñas unidades remotas shelter DLU's (RSDLU80), puede ser conectado al DLU vía el sistema DDLU. Este sistema fue diseñado para ofrecer servicio telefónico a las áreas de baja densidad de abonados y sustituye a los sistemas OFDC.

El sistema DDLU en las siguientes unidades funcionales: Unidad de línea de distribución controlada (DDLUC) y su correspondiente RSDLU80's.

5.6 Tecnología de transmisión para el DLU

El equipo de línea terminal consiste de:

- Terminación línea red para una línea con 2 x 2 Mbit/s, bidireccional de fibra óptica (LTOD)
- Terminación línea red para 2 líneas con 2Mbit/s cada una, bidireccional de cable de cobre vía HDSL (LTCD).
- Multiplexor óptico terminal hasta 16 x 2 Mbit/s, señales multiplexadas a 34 Mbit/s señalización (OMX16D).

5.7 Disposición de los módulo del bastidor en el shelter

Las unidades funcionales del DLU están implementadas por un número de módulos. Los módulos son acomodados en bandejas.

Cada bandeja esta subdividida en media bandeja para la derecha y la otra para el lado izquierdo. La disposición de las unidades de líneas digitales (DLU) depende de la versión del sistema y el tipo de proyecto.

El bastidor básico D para el D para el (F:DLU(D)) o bastidor básico G para el DLUD(F:DLU(G)) son instalados en el shelter remoto DLU 400. Un bastidor de extensión adicional F (F:DLU(F))es suministrado para el shelter remoto DLU 700.

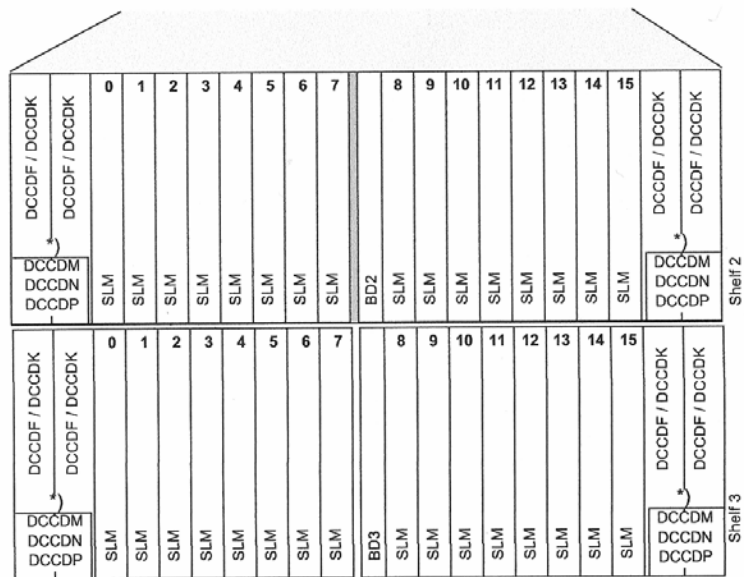
El máximo número de líneas de abonado que puedan ser conectadas es reducido en relación a la instalación de la tecnología de transmisión sobre el DLU o el uso de módulos especiales por ejemplo el SASC-E, especial SLMA (con 8 SLCAs) y el TU o SMLD.

Tabla X. Número de líneas de abonado en la unidad de líneas digitales

SHELTER DLU tipo 400/700/1000	BASTIDOR	NÚMERO DE LINEAS DE ABONADOS ANALÓGICAS		LINEAS DE ABONADOS DIGITALES
		SIN ILTF	CON ILTF	
SHELTER TREMOTO DLU 400	F:DLU (D) F:DUL (G)	368 432	376 440	256 356
SHELTER TREMOTO DLU 700	F:DLU (D), F:DLU (F) F:DUL (G), F DLU (F)	608 432	616 680	496 496
SHELTER TREMOTO DLU 1000	F:DLU (G) F:DUL (E)	944	952	736

La figura 18 muestra la configuración del bastidor para el shelter,

Figura 18 * Diferentes suministradores de energía, convertidores de corriente directa, conectados de acuerdo a como el módulo de líneas de abonado es utilizado.



5.7.1 Multiplexor flexible FMX2

En orden de proveer el servicio de líneas de datos, el sistema flexible FMX2 puede ser integrado (mecánica y eléctricamente) a las unidades de líneas digitales de los shelter remotos (RSDLU) de capacidades de 400,700 y 1000 líneas.

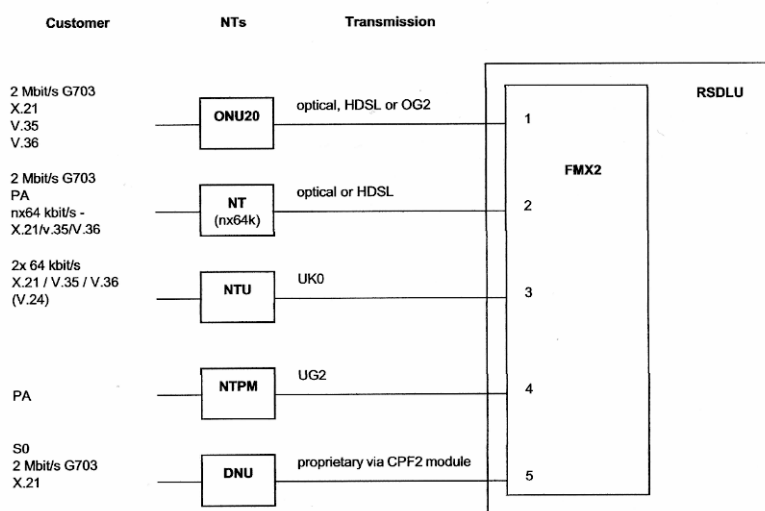
Los equipos FMX2 reciben señales de 2x2 Mbit/s, proveyendo al cliente los siguientes tipos de servicios vía equipos especiales(NTs) conectados al final de la red en el sitio del abonado,

- 2Mbit/s G703
- S0 interfase
- Acceso primario

FXM2 puede estar conectado a ambos sistemas de transmisión PDH y SDH, por ejemplo sistemas de transmisión integrados en DLU. El equipo de transmisión siempre soportará ambos, la voz (vía DLU) y servicio de datos (vía FMX2).

Como se indicó anteriormente todos los interfases utilizados en RSDLU (FMX2) requiere para el acceso un adaptador especial NT instalado en la casa del cliente, como se muestra en la figura 19.

Figura 19. Uso de interfases vía NT y FMX2



5.8 Equipos de transmisión

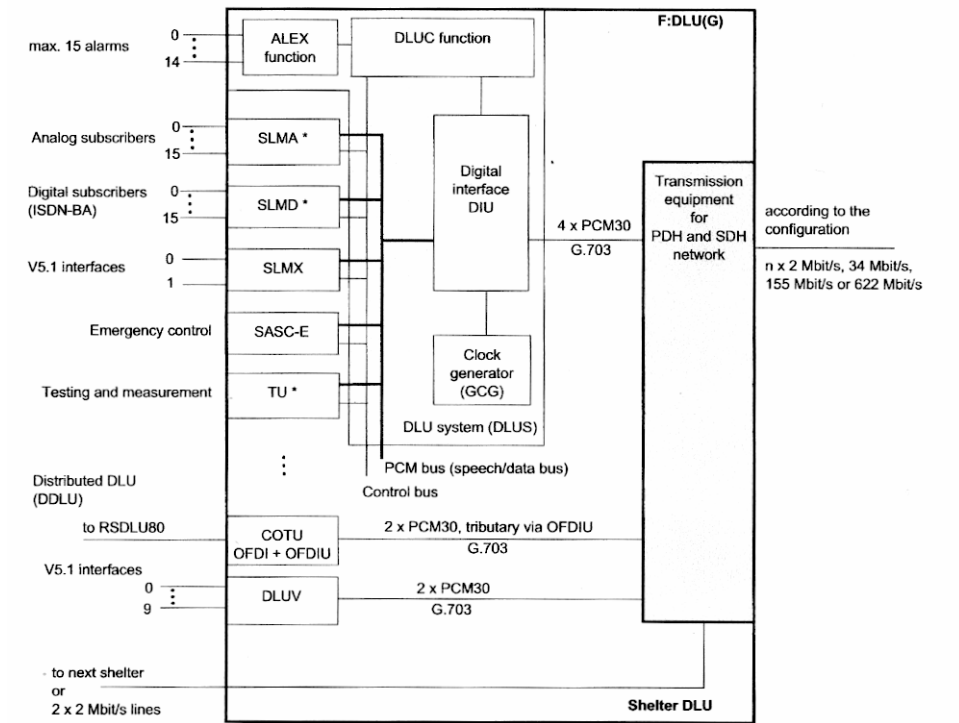
El shelter puede trabajar en la red en una configuración anillo o estrella. Dependiendo de la aplicación, el shelter es equipado con tecnología SDH y/o PDH, la capacidad de transmisión puede variar de 2 MBIT/s a 622 Mbit/s, aquí en Guatemala los equipos se configuran para trabajar a una velocidad de 2 Mbit/s.

El siguiente equipo de transmisión puede ser usado en el shelter:

- Tecnología de transmisión en la jerarquía digital síncrona (SDH)
 - Multiplexor síncrono (SMA ¼)
 - Multiplexor síncrono terminal dual (SMT1D)
 - Acceso a sistema de radio SDH

- Tecnología de transmisión en la jerarquía digital plesiócrona (PDH)
 - Tecnología PDH dentro del shelter.
 - Terminal multiplexor óptico HDSL para 2 Mbit/s
 - Equipo terminal de línea óptica OLTE8CPE para 8Mbit/s
 - Sistema Digital de Radio (SRA-L)

Figura 20. Equipo de transmisión para la unidad de líneas digitales del shelter



5.8.1 Transmisión de Jerarquía Digital Síncrona (SDH)

El siguiente equipo es el utilizado para la transmisión SDH:

Multiplexor síncrono (SMA1/4) ó

Multiplexor síncrono terminal dual (SMT1D) ó

Transmisión síncrona/asíncrona (ALINE) o alternativamente

Sistema de acceso de radio SDH (SRA 1/1S)

5.8.2 Multiplexor síncrono (SMA1/4)

Los Multiplexores síncronos SMA1/4 son usados para configuraciones con una capacidad de transmisión de 155 Mbit/s, estos multiplexores facilitan la operación para la configuración anillo y estrella. Los multiplexores síncronos SMA 1 fueron creados para la señalización de la línea de nivel de jerarquía SDH, de 55Mbit/s.

Los SM1/4s proveen las siguientes interfases:

Interfase de línea, STM-1 (155Mbit/s OF)

Interfase tributaria, 2 Mbit/s

Opción de conexión de el SMA1/4:

- Tributario ←====→ Línea
- Línea ←====→ Línea
- Tributario ←====→ Tributario

La tarjetas de interfases (para línea y tributario) para los multiplexores síncronos son insertadas en el subrack SMA4S. En adición a la interfase de tarjetas, las siguientes unidades funcionales también pueden ser localizadas dentro del SMA4S; la red de conmutación (SN), el control universal (UCU-C) y el disco local de alarma (LAD). Las unidades SN y el UCU-C son duplicados.

5.8.2.1 Sistema síncrono asíncrono (ALINE)

ALINE es una solución de red de multiservicio primeramente con la intención de ser utilizada para una parte de las redes públicas de telecomunicaciones.

Ambos tráficos síncrono y asíncrono son transportados simultáneamente compartiendo el mismo medio físico.

Los abonados son conectados vía el nodo de anillo, el nodo de anillo puede ser equipado con una serie de interfases estándares dependiendo del tipo de servicios a ser ofrecidos. ALINE corrientemente soporta los siguientes:

- Transporte de tráfico síncrono $N \times 64$ Kbit / s
- Transporte transparente de tráfico síncrono 1.5/2 Mbit / s.

5.8.2.2 Transferencia Asíncrona (ATM)

El sistema ALINE da servicio de acceso a los abonados en ambos nuevos servicios tanto de banda ancha como de servicios tradicionales vía infraestructura común de transporte.

ALINE puede también ser utilizado por un número de aplicaciones de red tales como transporte de telefonía de PBX (ambos é ISDN), acceso de Internet, interconexiones de tipo LAN, transporte de multimedia, video, Frame Relay etc. O una mezcla de estas aplicaciones. Esto hace posible para los consumidores finales mantener su equipo existente para los servicios tradicionales cuando agregamos aplicaciones de banda ancha. Acceso a la red pública puede entonces hacerse sin alguna conversión o cambios en su equipo existente.

5.8.3 Transmisión Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH)

- Multiplexor Terminal óptico/HDSL para 2 Mbit/s (OMX2/HMX)
- Multiplexor Terminal Óptico para 34 Mbit/s (OMX16)

Cada multiplexor ya sea el OMX2/HMX y/o el OMX16, puede ser usado para una transmisión de capacidad de de 2 Mbit/s a 34 Mbit/s

- Multiplexor óptico terminal (OMX2)

Este multiplexor consiste de la terminación de la línea red LTO_LT/LTO_NT.

La LTO facilita el acceso de la línea de 2 x 2 Mbit/s vía fibra óptica (OF).

El LTO opera sobre la base del método múltiplex de longitud de onda y usa una línea para ambas direcciones de transmisión y para ambas señales. El LTO puede ser utilizado para cubrir una distancia de aproximadamente 20 kilómetros, sin repetidor amplificador.

- Multiplexor Terminal HDSL (HMX)

El multiplexor HMX consiste de la terminación línea/red LTC_LT/LTO_NT. El LTC utiliza un código de línea de 2B1Q, de acuerdo con HDSL. Cables multipares de pares de cobre trenzados son requeridos para la transmisión bidireccional de 2 Mbit/s.

Tabla XI. Distancias de transmisión para cables de cobre con HDSL, sin amplificadores repetidores.

Diámetro del cable en mm.	0.4	0.6	0.8	0.9	1.4
Distancia en Kms.	2.5 a 3	4 a 4.5	5.5 a 6	6 a 7	9 a 12

- OMX16

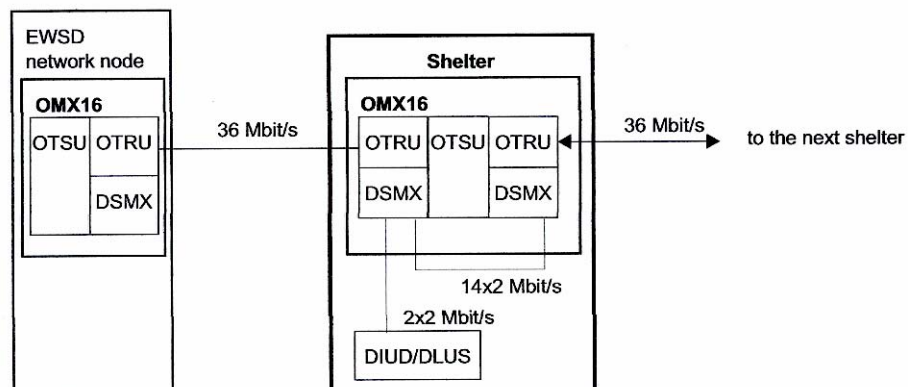
El multiplexor OMX16 16 x 2 Mbit/seg señales a 34 Mbit/s. para la transmisión por fibra óptica, las señales de 34Mbit/s son convertidas dentro de un código de la línea de fibra óptica (36Mbit/s).

El multiplexor OMX 16 comprende:

- Unidad de recibo de la terminal óptica (OTRU).
- Multiplexor de señal digital (DSMX).
- Unidad de supervisión de Terminal óptico(OTSU)

El multiplexor OMX2/HMX y el OMX16 son localizado dentro del subrack OMX16S, es posible insertar 7 sistemas de 34 Mbit/s sin protección de línea o 5 sistemas de 34 Mbit/s con sistema de protección. Si el sistema de 34 Mbit/s no está completamente equipado, tarjetas de interfase adicional para el OMX2/HMX puede ser insertado.

Figura 21. Shelter con multiplexores OMX



5.9 Equipo terminal de línea óptica (OLTE8)

El equipo de línea OLTE8 está diseñado como un sistema de transmisión óptica para el rango de bit nominal de 8Mbit/s, para conectar el DLU del shelter a una central EWSD.

La unidad de combinación para señales tributarias de 2Mbit/s y agregar una sobre capacidad para formar una señal de 9 Mbit/s (estrictamente hablando 9.216 Mbit/s). Facilidades de supervisión y monitoreo son incluidas dentro del sistema (muldex).

El sistema OLTE 8 CPE consiste de las siguientes unidades:

MXOTRU8 (unidad de tranciever óptico de 8 Mbit/s)

Convertidor de voltaje operado directamente de -48V

Las conexiones ópticas están localizadas en el frente, y todas las conexiones eléctricas están hechas por la parte de atrás de la unidad.

6. BREVE HISTORIA DE LA TELEFONÍA CELULAR

Las tecnologías inalámbricas han tenido mucho auge y desarrollo en estos últimos años. Una de las que ha tenido un gran desarrollo ha sido la telefonía celular.

Desde sus inicios a finales de los 70 ha revolucionado enormemente las actividades que realizamos diariamente. Los teléfonos celulares se han convertido en una herramienta primordial para la gente común y de negocios; las hace sentir más seguras y las hace más productivas.

A pesar de que la telefonía celular fue concebida estrictamente para la voz, la tecnología celular de hoy es capaz de brindar otro tipo de servicios, como datos, audio y video con algunas limitaciones. Sin embargo, la telefonía inalámbrica del mañana hará posible aplicaciones que requieran un mayor consumo de ancho de banda.

6.1 Generalidades

Martin Cooper fue el pionero en esta tecnología, a él se le considera como "el padre de la telefonía celular" al introducir el primer radioteléfono, en 1973, en Estados Unidos, mientras trabajaba para Motorola; pero no fue hasta 1979 cuando aparecieron los primeros sistemas comerciales en Tokio, Japón.

En 1981, los países nórdicos introdujeron un sistema celular similar a AMPS (Advanced Mobile Phone System). Por otro lado, en Estados Unidos, gracias a que la entidad reguladora de ese país adoptó reglas para la creación de un servicio comercial de telefonía celular, en 1983 se puso en operación el primer sistema comercial en la ciudad de Chicago.

Con ese punto de partida, en varios países se diseminó la telefonía celular como una alternativa a la telefonía convencional inalámbrica. La tecnología tuvo gran aceptación, por lo que a los pocos años de implantarse se empezó a saturar el servicio. En ese sentido, hubo la necesidad de desarrollar e implantar otras formas de acceso múltiple al canal y transformar los sistemas analógicos a digitales, con el objeto de darle cabida a más usuarios. Para separar una etapa de la otra, la telefonía celular se ha caracterizado por contar con diferentes generaciones. A continuación, se describe cada una de ellas.

6.2 Generaciones de la telefonía inalámbrica

6.2.1 Primera generación 1G

La 1G de la telefonía móvil hizo su aparición en 1979 y se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces era muy baja, tenían baja velocidad (2400 bauds). En cuanto a la transferencia entre celdas, era muy imprecisa ya que contaban con una baja capacidad (Basadas en FDMA, Frequency Division Multiple Access) y además, la seguridad no existía.

6.2.2 Segunda generación 2G

La 2G arribó hasta 1990 y a diferencia de la primera se caracterizó por ser digital.

El sistema 2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados y se emplea en los sistemas de telefonía celular actuales. Las tecnologías predominantes son: GSM (Global System por Mobile Communications); IS-136 (conocido también como TIA/EIA136 o ANSI-136) y CDMA (Code Division Multiple Access).

Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información más altas por voz, pero limitados en comunicación de datos. Se pueden ofrecer servicios auxiliares, como datos, fax y SMS (Short Message Service). La mayoría de los protocolos de 2G ofrecen diferentes niveles de encriptación. En Estados Unidos y otros países se le conoce a 2G como PCS (Personal Communication Services).

6.2.3 Tercera generación 3G

La 3G se caracteriza por contener a la convergencia de voz y datos con acceso inalámbrico a Internet; en otras palabras, es apta para aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos.

Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan altas velocidades de información y están enfocados para aplicaciones más allá de la voz como audio (mp3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunos.

Asimismo, en un futuro próximo los sistemas 3G alcanzarán velocidades de hasta 384 kbps, permitiendo una movilidad total a usuarios, viajando a 120 kilómetros por hora en ambientes exteriores. También alcanzará una velocidad máxima de 2 Mbps, permitiendo una movilidad limitada a usuarios, caminando a menos de 10 kilómetros por hora en ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores.

6.3 Tecnologías de acceso celular

En la actualidad existen tres tecnologías comúnmente usadas para transmitir información en las redes:

- Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA, por sus siglas en inglés)
- Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA, por sus siglas en inglés)
- Acceso múltiple por división de código (CDMA, por sus siglas en inglés)

Aunque estas tecnologías suenan complicadas, usted puede tener una idea de cómo funcionan examinando cada palabra de los nombres.

La diferencia primordial yace en el método de acceso, el cual varía entre:

Frecuencia, utilizada en la tecnología FDMA

Tiempo, utilizado en la tecnología TDMA

Códigos únicos, que se proveen a cada llamada en la tecnología CDMA.

La primera parte de los nombres de las tres tecnologías (acceso múltiple), significa que más de un usuario (múltiple) puede usar (accesar) cada celda.

A continuación se detalla, sin entrar en complicados detalles técnicos, cómo funciona cada una de las tres tecnologías comunes.

6.3.1 Tecnología FDMA

Esta tecnología separa el espectro en distintos canales de voz, al separar el ancho de banda en pedazos (frecuencias) uniformes. La tecnología FDMA es mayormente utilizada para la transmisión analógica. Esta tecnología no es recomendada para transmisiones digitales, aun cuando es capaz de llevar información digital.

6.3.2 Tecnología TDMA

Esta tecnología lo que hace es comprimir las conversaciones (digitales), y las envía cada una utilizando la señal de radio por un tercio de tiempo solamente. La compresión de la señal de voz es posible debido a que la información digital puede ser reducida de tamaño por ser información binaria (unos y ceros). Debido a esta compresión, la tecnología TDMA tiene tres veces la capacidad de un sistema analógico que utilice el mismo número de canales.

6.3.3 Tecnología CDMA

Esta tecnología es muy diferente a la tecnología TDMA. La CDMA, después de digitalizar la información, la transmite a través de todo el ancho de banda disponible. Varias llamadas son sobrepuestas en el canal, y cada una tiene un código de secuencia único. Usando la tecnología CDMA, es posible comprimir entre 8 y 10 llamadas digitales para que estas ocupen el mismo espacio que ocuparía una llamada en el sistema analógico.

En teoría, las tecnologías TDMA y CDMA deben de ser transparentes entre sí (no deben de interferirse o degradar la calidad), sin embargo en la práctica se presentan algunos problemas menores, como diferencias en el volumen y calidad, entre ambas tecnologías.

6.4 Desarrollo en la república de Guatemala de la tecnología CDMA 450

Actualmente en el país no existe este servicio, pero si se puede implementar teniendo e cuenta las ventajas que trae consigo y entre las más importantes están: La cobertura que tiene que es de 50 Klms. de radio, el costo que es aproximadamente la quinta parte de un sitio de celda existente, completamente instalado y esto se debe a que a una frecuencia de 900 MHZ el radio de cobertura es de 5.5 klms.

Una de las desventajas que se debe de tener en cuenta, pero, a mi criterio es mínima es que los aparatos terminales deben de ser exclusivamente para esa frecuencia, aunque la tendencia de la tecnología es de que se pueda utilizar el mismo aparato para todas las frecuencias y todas las tecnologías instaladas.

Se puede utilizar de forma exclusiva por ejemplo las bandas de frecuencias comprendidas entre 452,500 a 456,750 MHz y de 462,500 a 466,750 MHz, atribuidas al servicio fijo con categoría primaria, por sistemas de acceso fijo inalámbrico de tecnología digital y reuso celular de frecuencias para la prestación de los servicios de Telefonía Local, y/o Transmisión de Datos y/o Acceso a Internet.

6.4.1 Ventajas que presenta la atribución de las bandas de frecuencias para ser utilizada por tecnología CDMA 450

- Mercado potencial.
- Permite el acceso de servicios de telefonía, fax e Internet a localidades alejadas de grandes centros urbanos y con baja densidad poblacional.
- Se trata de una tecnología con costos de instalación comparativamente bajos, lo que permite desarrollar una red rápidamente.
- Tecnología inexistente actualmente en el mercado guatemalteco y con escasa presencia a nivel latinoamericano.
- Esta tecnología viene a cubrir múltiples necesidades que en materia de servicios de telecomunicaciones e Internet, que aún hoy poseen insatisfechas, los habitantes de áreas de baja densidad poblacional.
- Los equipos CDMA 450 permitirán a las personas que habitan en áreas poblacionales de baja densidad, acceder a los servicios de telefonía, fax y acceso a Internet por banda ancha tal como hoy lo poseen los grandes centros urbanos a costos razonables.

- La tecnología CDMA 450 permite al abonado, por medio de un equipo fijo inalámbrico, conectarse a la red telefónica a través de una estación base ubicada en un radio de 25.5 Kms. A través de dicha conexión, el usuario puede acceder a todos los servicios de telefonía, fax e Internet por banda ancha.

En función de un nuevo marco en la definición de políticas referente a la atribución del Espectro Radioeléctrico, en el país surge la posibilidad que para este tipo de servicio la superintendencia de telecomunicaciones (SIT) libere las frecuencias que se necesitan utilizar.

La interpretación de este nuevo contexto, con el estado como orientador de políticas públicas y el bien común, e induciendo la demanda hacia todos los servicios básicos que en materia de telecomunicaciones debe de prestar a todas las comunidades del interior de la república.

Las empresas que están en este momento haciendo los estudios de factibilidad del servicio con aportes de capital nacional asociado estratégicamente son Huawei Technologies Co.,Ltd, empresa de soluciones extremo a extremo del sistema CDMA 450, en el marco de convenios de transferencia tecnológica, también está la empresa china ZTE, la cuál quiere incursionar en el mercado guatemalteco.

El sector de mercado al cual los distintos operadores darán servicio con estos equipos es el de áreas de baja densidad poblacional o aquellos a los cuales por su característica topográfica sea de difícil acceso, y el caso que ocupa el presente estudio, si en la aldea de Santo Domingo Los Ocotes se instalara este tipo de servicio, lograría cubrir a lo largo de 25.5 kilómetros sobre toda las comunidades que se encuentran sobre la carretera en la ruta al atlántico.

Debido a que se trata de una tecnología de costos de instalación comparativamente bajos y a que los mismos serán ofrecidos, en general, por medio de empresas que actualmente prestan el servicio de telefonía inalámbrica en Guatemala, éstos se encontrarán al alcance de la mayor parte de la población.

6.4.2 Aparato Terminal a utilizar

Los equipos terminales para este tipo de servicios proveen una alta calidad de voz y fidelidad de datos, fax digital, teléfonos públicos inalámbricos. Estos servicios no solo cumplen con la demanda de los abonados (suscriptores/usuarios), si no que , esta serie de terminales inalámbricas son fáciles y flexibles para su instalación en áreas de difícil cableado, o que por sus características topográficas no es factible el cableado telefónico de las redes de telefonía tradicional, asimismo pueden agregarse con facilidad a teléfonos en localidades de uso comunitario, logrando incrementar la utilización de estos servicios en períodos de gran demanda, y también permite su conexión a negocios que requieran temporalmente la utilización de estos servicios.

6.5 Conceptos de GSM y CDMA

6.5.1 Introducción al sistema GSM (Sistema global para comunicaciones móviles)

6.5.1.1 Generalidades

Un importante organismo de telecomunicaciones europeo dio gran impulso a un nuevo sistema celular digital, este fue la transferencia europea de postales y telecomunicaciones, la cuál creo la que se llamó como “Grupo Especial Móvil” (GSM). Este grupo empezó a trabajar en el año 1985, en un estándar europeo para la comunicación celular digital, el cuál se implementaría en 1991.

El sistema fue desarrollado para poder recuperar los limitantes de capacidad que ofrecían los sistemas análogos y como una de sus principales características debía soportar “roaming” internacional así como proveer un estímulo importante a la industria de las telecomunicaciones en Europa. El desarrollo de un sistema común para toda Europa, permitiría al suscriptor usar su respectiva unidad móvil por todo el continente Europeo, y desde el punto de vista del usuario parecería como un solo sistema, aunque en realidad, consistiría de varios sistemas manejados por operadores independientes.

En 1992 se produce el lanzamiento comercial oficial del estándar GSM, disfrutando de una gran aceptación en la Unión Europea de Naciones, teniendo para finales de 1993, un millón de suscriptores en la Red GSM, pero el crecimiento de este sistema cruzó más allá de las fronteras llegando a países de Asia, África, Oceanía y América.

6.5.1.2 Servicios ofrecidos por la red GSM

La red GSM ofrece a sus abonados tres clases de servicios.

- Servicios portadores.
- Teleservicios
- Servicios complementarios

6.5.1.3 Servicios portadores

El sistema GSM ofrece a sus abonados servicios portadores, los cuales permiten la transferencia de datos de un extremo a otro de la red, sin modificarla de extremo a extremo en modo circuito dentro de la red GSM; este modo de transmisión garantiza un orden cronológico de la información intercambiada. Los servicios proporcionados por GSM tienen aplicaciones muy diversas como por ejemplo, la transmisión de voz, acceso a una red X.25, transferencia de datos multimedia, correo electrónico etc.

6.5.1.4 Teleservicios

Los teleservicios son aplicaciones operativas ofrecidas por la red a sus abonados.

Estas utilizan las posibilidades que ofrecen los servicios portadores. Permiten la transmisión de información de usuario a usuario, enmascarada dentro de una aplicación.

La telefonía es el teleservicio más importante, permitiendo los tipos de comunicación siguientes:

- Comunicación entre teléfonos móviles
- Comunicación entre un aparato móvil y otro fijo a través de cualquier número de redes.

Otros servicios ofrecidos por GSM son: Llamadas de urgencia, mensajería punto a punto, transmisión de mensajes cortos alfanuméricos.

6.5.1.5 Servicios suplementarios

Estos servicios son los que en la telefonía fija se llaman (features) o características, estos servicios suplementarios mejoran los anteriores servicios y entre ellos tenemos, identificación del abonado que llama (ID caller), redireccionamiento de llamadas, indicación de llamada en espera, almacenamiento de llamadas, información de tarificación, restricción de llamadas, mensajería vocal, doble marcación, conferencia, reenvío de llamada en curso.

6.5.1.6 Equipamiento de una red GSM

6.5.1.6.1. Estación móvil (MS)

Un usuario que está inscrito dentro de una red GSM emplea una estación móvil para hacer y recibir llamadas dentro de la red. Una estación móvil se compone de dos partes físicas: el equipo móvil, y el modo de identidad del abonado (SIM).

6.5.1.6.2 Equipo móvil

El equipo móvil es el conjunto formado por el equipo radioeléctrico, el teclado, la pantalla, el micrófono y el alta voz que proporciona al abonado los medios para poder acceder a la red, este también incluye el software que maneja a estos componentes.

6.5.1.6.3 Módulo de identidad de abonado (SIM)

Es la parte personalizada de la estación móvil. Físicamente es una tarjeta llamada "Inteligente" porque cuenta con un microprocesador. La SIM cumple diversas funciones, siendo las importantes la autenticación del usuario, la seguridad de las transmisiones de radio y almacenamiento de datos del abonado.

6.5.1.6.4. Subsistemas de radio

Es el conjunto constituido por la red de estaciones base (BTS) y el controlador de radio bases (BSC).

6.5.1.6.5 Estación Base (BTS)

Una estación base esencialmente es un conjunto emisor/receptor, proporciona el punto de entrada a la red a los abonados que están dentro de la cobertura de su célula.

Sus principales funciones son:

- Transmisión radioeléctrica según el estándar GSM
- La codificación y la descodificación de los canales de radio.
- El cifrado (o la criptografía de las comunicaciones
- Medida de calidad y potencia de transmisión en los canales de tráfico.
- Transmisión sobre el canal de señalización.

6.5.1.6.6 Controlador de estación base (BSC)

Se encarga de gestionar una o varias estaciones base. Sus funciones básicas son:

- Para el tráfico que proviene del abonado se convierte como un concentrador.
- Para el tráfico proveniente del conmutador se comporta como un enrutador.
- Hace la función de repetidor de alarmas y estadísticas provenientes de la estación base al centro de control y mantenimiento.
- Coordina las transferencias entre células cuando una estación móvil atraviesa la frontera entre dos células o lo que se conoce como handover.
- Asigna la frecuencia de radio que puede utilizar cada una de sus estaciones base.

6.5.1.6.7 Subsistema de Red (BSC)

Un subsistema de red es el nexo entre la parte de radio GSM y la red de telefonía conmutada pública. (RTCP).

6.5.1.6.8 Centro de conmutación de móviles (MSC)

Es el elemento más importante del subsistema, se encarga de asumir funciones de conmutación para conectar a los abonados móviles entre sí, a otras redes móviles y con abonados de red fija. Además se encarga de conectar la red de radiotelefonía con la telefonía pública, tomando en cuenta eventualidades introducidas por la movilidad y la gestión de abonados visitantes. Proporciona acceso hacia el centro de autenticación que verifica los derechos de los abonados, participa en la gestión de movilidad de abonados y por lo tanto su localización en la red y también en el suministro de todos los teleservicios.

6.5.1.6.9 Registro de abonados locales (HLR)

El registro de abonados locales es una base de datos que contiene información de los abonados de la red. Un registro en esta base de datos describe con detalles las opciones contratadas y los servicios complementarios a los que tiene acceso el abonado, además de esta información estática se tiene información dinámica como en el caso de la última localización del abonado y el estado de su terminal (en servicio, en comunicación, en reposo, fuera de servicio, etc.). Toda la información contenida en el HLR se encuentra protegida, en donde los datos están cifrados (o bien encriptados) y únicamente un operador autorizado puede manipularlos, a través de autenticación.

6.5.1.6.10 Centro de autenticación (AUC)

La misión del centro de autenticación es controlar la identidad de los usuarios en la red y de las estaciones móviles, es decir proteger la red contra posibles intrusos.

En el AUC se encuentra copia de los algoritmos grabado en la SIM y que son utilizados para determinar la identidad del abonado. Generalmente el AUC se encuentra localizado en una dependencia cuya entrada es restringida.

6.5.1.6.11 Centro de localización de visitantes(VLR)

El registro de localización de visitantes (roamers) es una base de datos asociada a un conmutador (MSC), su misión es almacenar información dinámica relativa a los abonados de paso o visitantes en la red. Esta gestión es muy importante, ya que en cada instante la red debe conocer la localización de todos los abonados presentes en ella.

6.5.1.6.12 Centro de control y mantenimiento (OMC)

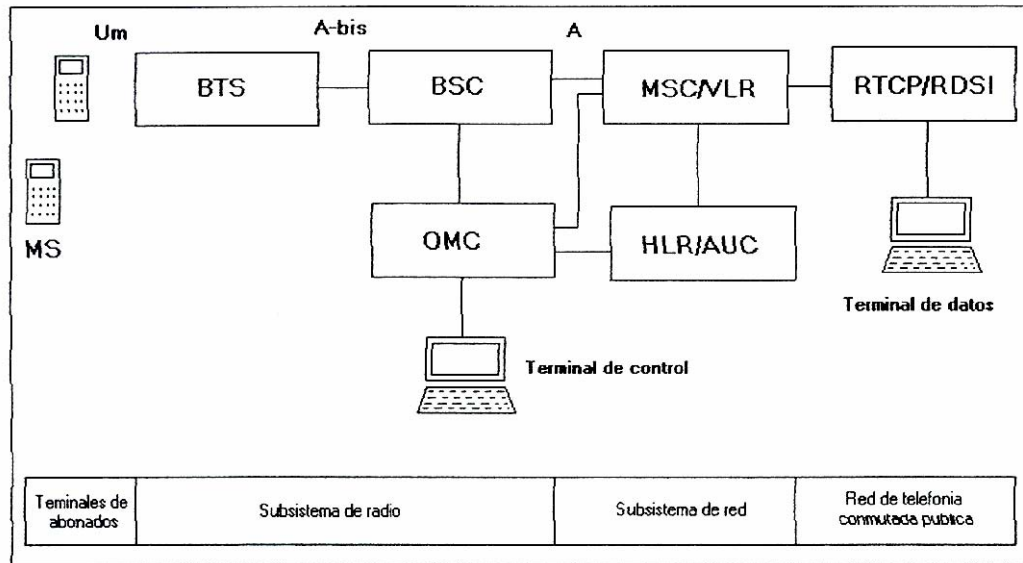
Es la entidad encargada de la gestión y explotación de la red. La entidad es encargada de la gestión administrativa de los abonados y la gestión técnica de los equipos. La gestión administrativa y comercial de la red se ocupa de los abonados en términos de modificaciones, bajas y facturación. La gestión técnica se encarga de garantizar la disponibilidad y la correcta configuración del equipo.

6.5.1.6.13 Interfases de Red

Las interfases son componentes importantes de la red. Soportan el diálogo entre equipos y permiten que funcionen entre si. La normalización de las interfases garantiza el correcto funcionamiento entre equipos producidos por distintos fabricantes. Se ha normalizado las siguientes interfases:

- La interfaz de radio Um está localizada entre la estación móvil y la estación base, esta es la más importante de la red.
- Interfaz A-bis conecta una estación base con su controlador, el soporte es un enlace por hilos MIC.
- Interfaz A se sitúa entre un controlador y un conmutador, se realiza mediante un enlace MIC a 64 kbit/s.
- Interfaz X.25 conecta un controlador con el centro de control, el soporte es suministrado por una red de transmisión de datos.
- Interfaz entre el conmutador y la red pública viene definida por el protocolo de señalización. No. 7 de ITU.T

Figura 22. Estructura de una red GSM



6.6 Transmisión por radio en GSM

En distintas partes del mundo por cuestiones de disponibilidad del espectro se tienen diferentes asignaciones para el sistema GSM como se muestra en la tabla XII.

Tabla XII. Asignación del espectro para GSM

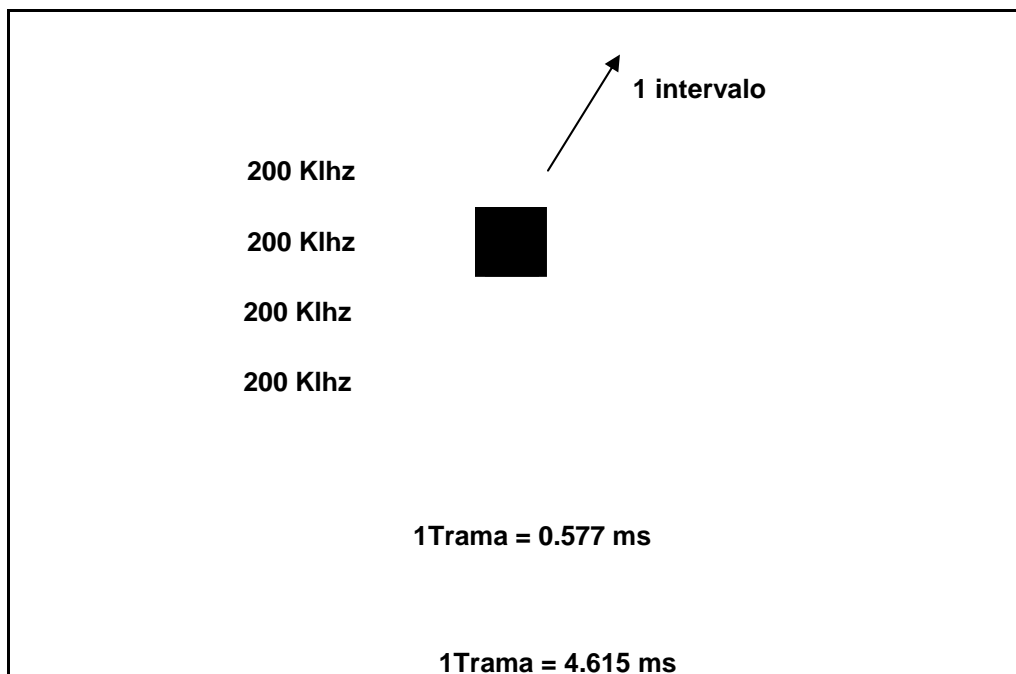
Banda de Frecuencias GSM	Frecuencias Disponibles	Disponibilidad
400 Mhz	450.4 --- 457.6 Mhz / 460.4 ---- 467.6 Mhz 478.8 --- 486.0 Mhz / 488.8 ---- 496.0 Mhz	Europa
800 Mhz	824 --- 849 Mhz / 869 --- 894 Mhz	América
900 Mhz	890 --- 915 Mhz / 935 --- 960 Mhz	Europa, Asia, Africa
1800 Mhz	1710 --- 1785 Mhz / 1805 --- 1880 Mhz	Europa, Asia, Africa
1900 Mhz	1850 --- 1910 Mhz / 1930 --- 1990 Mhz	América

6.6.1 Canales físicos

El sistema GSM utiliza una combinación de multiplexado por división de tiempo (TDMA) y el multiplexado por división de frecuencia (FDMA). El multiplexado por división de frecuencia divide la banda de 800 Mhz en 1256 canales de un ancho de 200 Khz cada uno, tanto en el enlace para adelante (Forward) como en el enlace para atrás (Reverse) y esto da origen a 125 canales duplex, de esos 125 canales se utiliza uno de guarda para evitar interferencias con otras bandas. La banda de 1800 MHz se divide en 375 canales duplex de un ancho de 200 Khz cada uno, de los canales se utiliza uno para guarda para evitar interferencias. La banda de 1900 MHz se divide en 300 canales duplex de un ancho de banda de 200 KHz cada uno, utilizando uno de estos como canal de guarda para evitar interferencia.

El multiplexado por división en el tiempo divide el canal en 8 comunicaciones diferentes, cada comunicación tiene un intervalo de tiempo (IT) de 577 μ s, la suma de los ocho intervalos de tiempo constituye lo que se llama una trama, que es la unidad básica de tiempo. La trama en GSM dura 4.615 ms como se muestra en la figura siguiente. Entonces podemos decir que en GSM se puede transmitir varias conversaciones en la misma frecuencia pero en diferentes intervalos de tiempo.

Figura 23. Esquema de acceso para el sistema GSM



6.2.2 Canales lógicos

Los canales lógicos pueden transportar datos de una comunicación entre la estación base y la estación móvil, así como información de señalización dirigida a la estación móvil o la estación base. Se han definido dos tipos de canales lógicos:

- Tráfico
- Señalización

6.3.3 Canales de tráfico

Los canales de tráfico también son llamados Traffic Channel (TCH), estos son utilizados para transportar voz y datos, y se dividen en dos familias: Los canales a velocidad total que tienen una velocidad de transmisión de voz 13 kbit/s y los canales a velocidad media que ofrecen una velocidad vocal codificada de 6.5 kbit/s.

6.6.4 Canales de señalización

Entre las funciones más importantes de los canales señalización se encuentran:

- Un canal de señalización permite monitorear el enlace de radio entre la Terminal y la estación base, controlando parámetros como potencia de emisión y medida de la calidad, etc.

- Antes del establecimiento de una conexión de tráfico un canal de señalización es el encargado de transportar la información para que el abonado y la transmisión sean autenticados.
- Periódicamente la estación base envía por el canal de sincronización SDCH los paquetes de sincronización para que las terminales sincronicen su reloj.
- La estación base transmite sobre el canal BCCH (Broadcast Control Channel) información general hacia las estaciones móviles para que estas puedan localizarse en la red, esta información proporciona el nombre de la estación base, nombre de la célula y la zona de localización.
- La estación base emite por el canal PCH (Paging Channel) las llamadas hacia las terminales móviles.

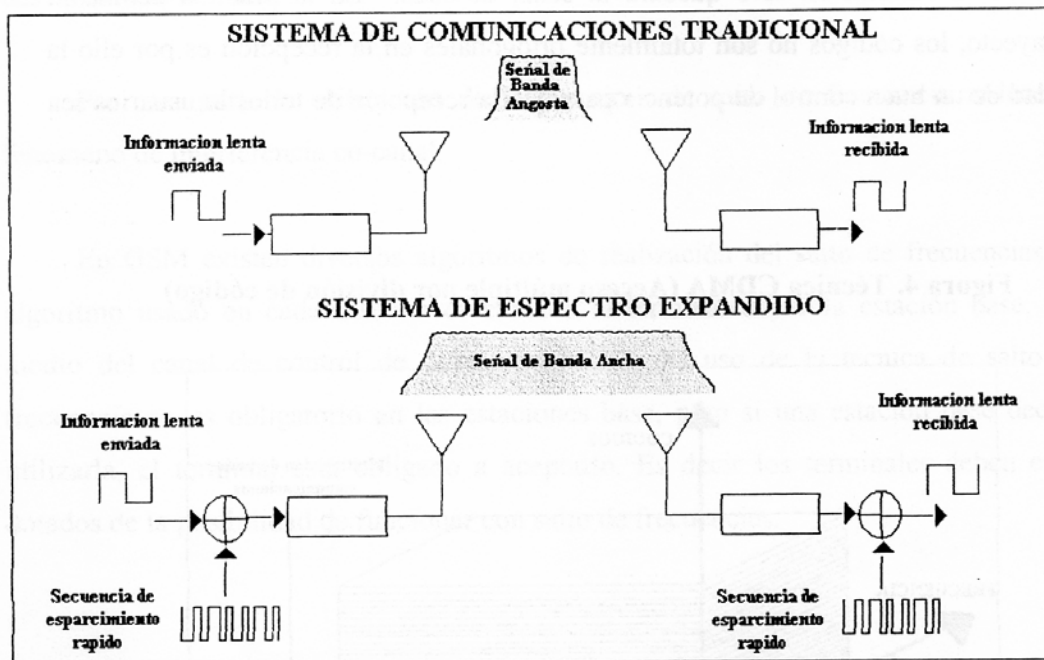
6.6.5 Sistema CDMA (Acceso múltiple por división de código)

En CDMA (acceso múltiple por división de código) todos los usuarios pueden utilizar el mismo canal de banda ancha al mismo tiempo para transmitir información, esto quiere decir que no existe división de tiempo o frecuencia . La diferenciación de las señales se logra mediante diferentes códigos, se le asigna un código diferente a cada usuario, estos códigos tienen la propiedad de autocorrelación y ortogonalidad. Para poder identificar la señal procedente de cada usuario se realiza una correlación de su código, como estos códigos son ortogonales después de la correlación solo queda la señal deseada.

En la práctica debido al multitrayecto, los códigos no son totalmente ortogonales en la recepción es por ello la necesidad de un buen control de potencia para que la recepción de todos los usuario sea similar.

En CDMA se tiene la necesidad que la señal portadora de la información se haya expandido en frecuencia para lograr la distinción entre la demás, el transmisor utiliza el código asignado y por medio de un codificador expande la señal y la transmite al medio, el receptor conociendo el código y por medio de un decodificador, puede recuperar señal y regresarla a su forma original. El ancho de banda de la señal codificada debe ser mucho mayor que el ancho de banda de la señal que porta la información. El proceso anterior es llamado espectro expandido (spread spectrun). En la siguiente figura se muestra la diferencia entre un sistema de comunicación tradicional y un sistema de espectro expandido.

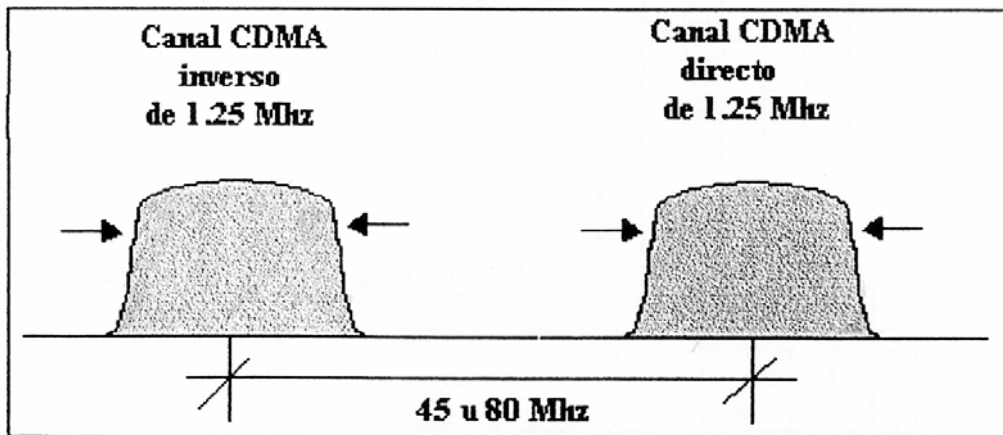
Figura 24. Principios del espectro expandido



6.6.6 Canales de CDMA

Canal, portadora o frecuencia CDMA es un canal duplex que consta de dos bandas anchas de espectro electromagnético de 1.25 Mhz. Una de esta bandas es utilizada para la comunicación desde la estación base a la estación móvil (enlace hacia delante o directo o descendente) y al otra para la comunicación desde la estación móvil a la estación base (Enlace inverso o ascendente). En el espectro celular 800Mhz, estas dos bandas simples de 1.25 Mhz tienen una separación de 45 Mhz y en el espectro de PCS 1900 MHz tiene una separación de 80 Mhz como se muestra en la figura 25.

Figura 25. Canal CDMA



6.7 Repetidores de radio frecuencia

6.7.1 Repetidor

Un repetidor es un equipo que permite extender la cobertura de una estación base a regiones donde no se puede acceder con ésta, o donde el tráfico proyectado es muy bajo para hacer esta inversión o donde los costos de transmisión se vuelven muy elevados y hay que proveer de cobertura, ampliando de esta manera el servicio de dicha estación base. El repetidor funciona como amplificador bidireccional inalámbrico el cuál recibe y reamplifica una señal proveniente de una estación base, este proceso se realiza tanto en Down Link (señal que va de la estación base a la estación móvil) como en Up Link (señal que va del estación móvil a la estación base).

Los repetidores se utilizan generalmente en poblados o carreteras en donde se tiene bajos niveles de recepción y cuya densidad poblacional es media o baja, para evitar un excesivo tráfico sobre el sector donador. Además se utilizan en aplicaciones de interiores, como edificios, en donde el tamaño y el costo de equipos convencionales se convierten en variables importantes.

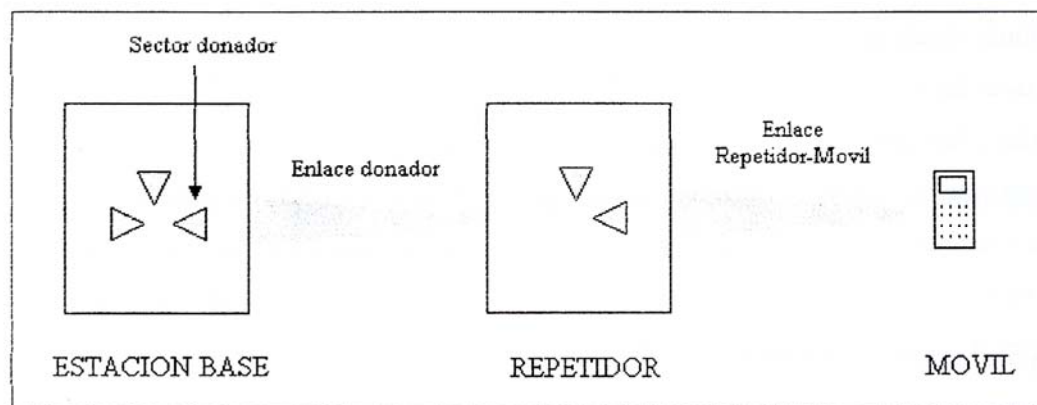
Para obtener los máximos beneficios de un repetidor este debe de tener las siguientes características:

- 1.- Proporcionar excelentes niveles de cobertura
- 2.- bajo impacto sobre la celda donadora.
- 3.- Alto nivel de control sobre el equipo.
- 4.- Bajo costo de mantenimiento.

6.7.2 Elementos básicos para el funcionamiento de un repetidor

Los elementos básicos que interactúan en el funcionamiento de un repetidor se muestran en la figura 26:

Figura 26. Esquema básico del funcionamiento de un repetidor



Sector donador: Es un sector específico dentro de la estación base, este se encarga de proveer los niveles de señal necesarios para el buen funcionamiento del repetidor. Además maneja el tráfico proveniente de las áreas donde proporciona cobertura el repetidor.

Enlace donador: Está definido como el camino de la señal entre el conector de salida del sector donador y el puerto de entrada al repetidor. Este enlace puede ser a través del aire o un medio óptico.

Repetidor: se encarga de recibir y amplificar la señal proveniente del sector donador.

Enlace repetidor-móvil: está definido con o el camino de señal amplificada entre el conector de salida del repetidor y el móvil.

6.8 Repetidor de fibra óptica

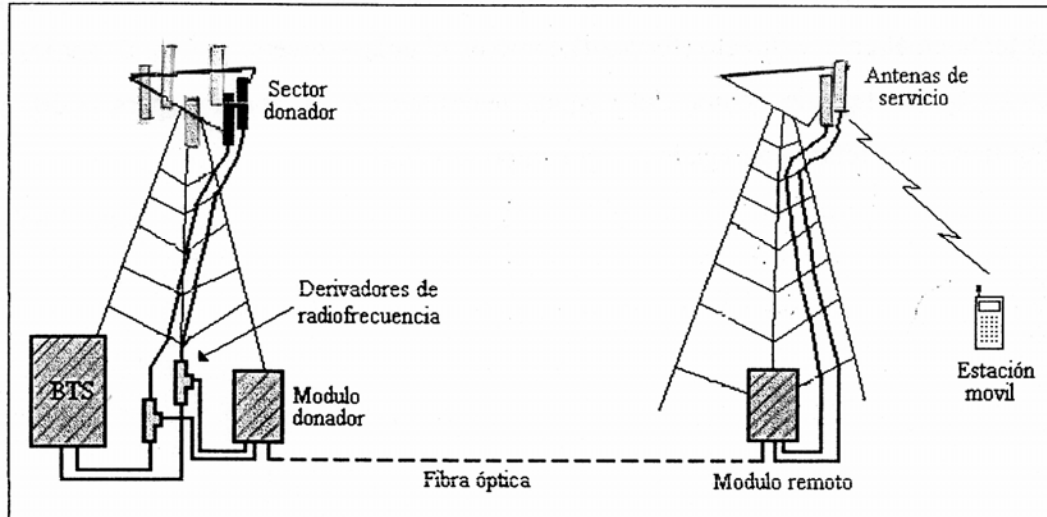
Según las características del enlace donador los repetidores se pueden dividir en repetidores de toma por aire (directos) y repetidores de fibra (ópticos), explicaré este último que es el tema que nos ocupa.

En los repetidores de fibra óptica el enlace donador es a través de fibra óptica. Generalmente son utilizados en lugares en donde no hay línea vista entre el sitio de celda entre el sitio de celda donador y el sitio repetidor.

Un sistema repetidor de fibra óptica se divide en tres módulos, el módulo donador, la fibra óptica y el módulo remoto como se muestra en la figura 25.

1. El módulo donador generalmente se encuentra instalado en el sitio celda donador, este se encarga de tomar la señal de radiofrecuencia, convertirla en señal óptica y enviarla al módulo remoto vía fibra óptica.
2. El cable de fibra óptica es el medio por el cuál se transmiten las señales ópticas que van del módulo donador al módulo remoto, por lo general son dos líneas de fibra óptica las que se utilizan, una que lleva la señal de transmisión recepción y la otra la señal de diversidad del sector donador.
3. El módulo remoto se encuentra instalado en el sitio repetidor, este se encarga de convertir la señal óptica en señal de radiofrecuencia amplificarla y distribuirla a las antenas de servicio para proporcionan la cobertura.

Figura 27. Repetidor de fibra óptica



Debido a que en los repetidores de fibra óptica no existe antena donadora se evita el problema de retroalimentación de la señal entre la antena donadora y las antenas de servicio como ocurre en los repetidores de toma por aire.

La principal desventaja de un sistema de repetidor con fibra óptica con respecto al sistema repetidor de toma por aire es el precio.

Esto debido a que repetidores de fibra óptica son más caros que los repetidores de toma por aire, y si a esto se le agregamos el precio del cableado de fibra óptica entre el sitio donador y el sitio repetidor la diferencia de precios llega a ser mayor.

7. LA DEMANDA TELEFÓNICA

Es la necesidad es la necesidad de comunicación que tienen los habitantes de una población o zona rural y que para poder conocerlas se requiere de una investigación en dicha zona.

7.1 Obtención y clasificación

La demanda se obtiene a partir de un estudio estadístico a nivel de población.

Este estudio se fundamenta, a partir de la toma de fotografías aéreas de los centros urbanos. De su análisis se definen las zonas predominantes: Residenciales, comerciales e industriales, establecidas en cada población.

En el recorrido a cada una de esas zonas, calle por calle (actividad conocida como recuento), se desprende la ubicación de cada cliente que cuente o no con línea telefónica, clasificados según el nivel socioeconómico que presenten, dependiendo del valor de la zona, de la urbanización de sus fraccionamientos o colonias, de su infraestructura y tipo de servicios con que cuentan, el tamaño de sus lotes y acabado de su construcciones.

Según estos criterios los clientes de casas de un solo nivel y/o condominios es clasifican según la tabla XIII.

Tabla XIII. Categorías de residencias según sus dimensiones

Número de niveles de la vivienda	Frente de la construcción y tipo de clasificación				
	+251 m ²	160 - 250m ²	120- 160m ²	100 - 120m ²	1-100 m ²
Metros de frente	15	De 12 a 15	De 9 a 12	De 6 a 9	Hasta 6
1	A	B	C	D	E
2 ó más	A	A	B	C	D

La misma clasificación tienen se tiene en : condominios, edificios de apartamentos y viviendas de tipo vecindad, en estos casos no es determinante la superficie de construcción unitaria que ocupan, sino la zona en que se encuentran, los servicios con que cuentan y el tipo de acabados que tienen, pudiendo llegar incluso a considerarse residencial tipo “A”.

En estas zonas predominantemente residenciales, existen pequeños comercios como tiendas de barrotes, misceláneas, pequeños supermercados, tiendas de calzado, ferreterías etc. Así como pequeños talleres que se dedican a múltiples actividades, atendidos como negocio familiar, estos clientes se clasifican como: comerciales de 3^a.

La mezcla de algunos de los tipos de clientes residenciales (“A” con “B”, “B” con “C”, “C” con “D” y con “E”) así como con los comercios, determina que a la demanda de la zona se les de carácter de heterogénea.

Así también podemos encontrar las zonas comerciales cuyos clientes se clasifican según el número de empleados con que cuenta cada uno, de la siguiente manera:

Comercial de 1ª. De 21 empleados en adelante.

Comercial de 2ª. De 4 a 20 empleados.

Comercial de 3ª. De 1 a 3 empleados (algunos como negocios familiares).

7.2 Con líneas telefónicas troncales

Cuando la líneas sean es su totalidad o en su mayoría troncales o conmutador, los clientes tomarán el carácter de industrial y/o clientes preferentes, por ejemplo: bancos, hoteles, oficinas (públicas o privadas), tiendas de autoservicio (grandes) etc. Cuyo desarrollo se determina más adelante, o bien que originen un estudio y una atención en forma especial.

Cuando la zona preponderante haya sido definida como industrial, cada planta industrial será clasificada según el número de empleados administrativos y además que el servicio solicitado preferentemente como troncales a conmutador, su clasificación será la siguiente:

Industria pesada más de 80 empleados

Industria mediana de 21 a 80 empleados

Industria ligera de 1 a 20 empleados

Si los servicios solicitados son algunas líneas directas, esas pequeñas plantas industriales tomarán la clasificación comercial correspondiente, considerando la cantidad del personal administrativo.

Durante el recuento, es necesario investigar los requerimientos del servicio telefónico que tengan las plantas industriales conforme a sus planes de expansión, para ser consideradas estas necesidades a corto, mediano y largo plazo, llegando desde su inicio a su correcta clasificación.

7.3 Pronóstico de la demanda

Para que los estudios de la demanda de clientes en una población pueda brindar una información sobre la cantidad aproximada de líneas telefónicas que se necesitan a corto, mediano y largo plazo y como consecuencia la infraestructura telefónica necesaria, se siguen modelos estadísticos que toman en cuenta aspectos de crecimiento demográfico como son: natalidad, mortalidad, migración y emigración, las actividades predominantes que tengan, el producto interno bruto, las vías de comunicación etc., dando como resultado un inventario de líneas existentes junto con un pronóstico de demanda.

5 años	corto plazo	1ª etapa
10 años	mediano plazo	2ª etapa
20 años	largo plazo	3ª etapa

Estas son las etapas de ampliación que tendrá la planta telefónica.

Los lotes baldíos también deben considerarse dentro de este pronóstico de desarrollo y según la zona en la que se encuentren tomarán la clasificación del nivel socioeconómico que les corresponda, así mismo se les considera el ritmo de crecimiento de nuevas construcciones que tiene el fraccionamiento o colonia de la zona en estudio, para tomar en cuenta el desarrollo de estos lotes en la correspondiente etapa de ampliación.

Así mismo, la gerencia de Planeamiento y diseño trabaja en base a los planes de desarrollo urbano de la capital, departamento, municipios etc. para conocer en tiempo y forma el desarrollo de las grandes extensiones baldías de reservas territoriales de las poblaciones, incluyéndolas en los pronósticos de la demanda correspondiente.

La demanda que se obtiene con el estudio de zonas que cuentan con red telefónica, es colocada en los planos correspondientes de los distritos de cada central para su estudio y atención. De la misma manera se coloca en los planos correspondientes la demanda obtenida en las zonas sin red, originando esto lo siguiente:

- Zonas que necesitan ser ampliadas para las zonas ya habitadas.
- Zonas que necesitan crear una nueva red, para los baldíos (sin habitar)

Ambas debidamente identificadas en los planos generales a nivel de cada central y/o a nivel de cada población.

El pronóstico de desarrollo de la demanda, lo obtiene el Departamento de planeamiento y diseño, tomando como base el índice anual de crecimiento en líneas observando en cada población de los diferentes niveles socioeconómicos, para cada distrito y para cada central.

7.4 Factor de penetración

En base a la clasificación dada a cada nivel socio económico, se determina un pronóstico de venta (factor de penetración).

Para distritos de nuevas centrales y en forma inicial se pueden manejar los siguientes factores de penetración, para obtener el pronóstico de líneas a quince años.

Tabla XIV. Factores de penetración

Nivel Socio Económico	Tipo	Factor de Penetración	
Residencial	"A"	2.00	(Líneas)
Residencial	"B"	1.33	(Líneas)
Residencial	"C"	1.00	(Líneas)
Residencial	"D"	0.80	(Líneas)
Residencial	"E"	0.33	(Líneas)
Industrial	1 ^a	32.00	(Líneas)
Industrial	2 ^a	16.00	(Líneas)
Industrial	3 ^a	8.00	(Líneas)
Comercial	"Grande" G	40.00	(Líneas)
Comercial	"Mediano" M	16.00	(Líneas)
Comercial	"Pequeño" P	4.00	(Líneas)

7.5 Inventario de la demanda y de las líneas

El pronóstico de línea para cada distrito se calcula a partir de los datos resumidos en el inventario de demanda y líneas que la gerencia o el departamento de planeamiento y diseño genera para cada distrito, por nivel socioeconómico, aplicando el factor de penetración correspondiente.

7.6 Demanda real de Santo Domingo Los Ocotes

Para el caso que nos ocupa tenemos predominantemente demanda residencial, comercial es muy poco, ya que solo tenemos negocios muy pequeños a nivel familiar, como lo son tiendas y abarroterías pequeñas.

La Tabla No. XV, entonces me indica la demanda real en el lugar que se está haciendo el estudio y en base a lo cuál están hechos los diseños.

Tabla XV. Demanda real y cálculo de las líneas telefónicas a instalar

Factor de penetración	Residencial						Comercial				Industrial		Total	
	2	1.30	1.00	0.80	0.33		40	16	2		32	16		
N. S. E.	A	B	C	D	E	Suma	G	M	P	Suma	1a.	2a.	3a.	Suma
Viviendas	2	8	120	70	30	230	0	0	5	5	0	0	0	235
Líneas	4	10	120	56	10	200	0	0	0	10	0	0	0	210
Demanda a saturación	5	11	132	72	44	254	0	0	1	2	0	0	0	256

8. COSTO DEL PROYECTO

Analizaré primero el costo del proyecto de la red de cobre, la cuál incluye el tendido aéreo que se realizará en toda la población, los precios de los materiales son los del mercado actual y la mano de obra es la que paga una empresa que presta el servicio de telecomunicaciones y contrata a una empresa para que realice el trabajo y esta a su vez subcontrata a otra, es decir a una empresa pequeña para que realice el trabajo, los materiales están enumerados en la tabla que corresponde a la red de cobre, como se puede notar el costo mayor es el del equipo de la unidad remota de líneas digitales (Shelter), pues este actualmente lo traen de Alemania, el costo es mayor que la construcción de la red de líneas de cobre, pero el mantenimiento es más barato, pues solo se trata de un punto, en donde están todos los equipos instalados al cuál se le debe de dar mantenimiento.

Respecto al costo de el sitio de celda se incrementa debido a que tiene todo lo necesario para no dejar sin servicio a los abonados, es decir la instalación del generador de emergencia, lo cuál representa una gran ventaja para el usuario.

Como se puede apreciar también el costo de la red de fibra óptica en este caso específico de Santo Domingo Los Ocotes, sale más barato, debido a que se tiene la ventaja de que a 5 klms. de esa aldea pasa la red nacional de transmisión la cuál se puede aprovechar perfectamente para poder dar este tipo de servicio, pues el empalme de la fibra óptica está en

el kilómetro 38.5 de la carretera al Atlántico, y la entrada a la aldea está en el kilómetro 36.5.

Entonces con todas estas ventajas se puede construir la red y además si la empresa que construya empieza a operar con la telefonía celular a 450 Mhz, la cuál no se utiliza todavía en Guatemala, pero, que seguramente se va a empezar a utilizar a corto plazo, entonces con el radio de cobertura que es mayor que todas las demás frecuencias que utilizan las tres empresas que operan en Guatemala el costo en ese aspecto se reducirá definitivamente.

Tabla XVI. Costo proyecto de fibra óptica

COSTO PROYECTO DE RED DE FIBRA OPTICA

Item	Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Q)	Precio Total (Q)	Mano de obra	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Q)	Precio Total (Q)	
1	Fibra óptica	Metro	2505	8.00	20040.00	Instalación de metro lineal de fibra	Metro	2505	4.00	10020.00	
2	Postes de 25 pies	Pieza	65	425.00	27625.00	Agujero, Instalación y aplomado	Unidad	65	200.00	13000.00	
3	Postes de 35 pies	Pieza	2	525.00	1050.00	Agujero, Instalación y aplomado	Unidad	2	250.00	500.00	
4	Herrajes para postes	Pieza	65	200.00	13000.00	Vestido de postes	Unidad	65	50.00	3250.00	
5	Cruceta para poste	Pieza	7	100.00	700.00	Colocación de cruceta y reservas	Pieza	7	150.00	1050.00	
6	Fusiones(Materiales)	Grupos de 6	1	1200.00	1200.00	Realización de la fusión	Unidad	1	7000.00	7000.00	
7	Mufas	Pieza	1	900.00	900.00	Instalación mufa de enlace	Pieza	1	1000.00	1000.00	
				PRECIO TOTAL MATERIALES	Q64,515.00					PRECIO TOTAL MANO DE OBRA	Q35,820.00
				TOTAL PROYECTO DE FIBRA OPTICA						Q100,335.00	

Tabla XVII. Costo proyecto sitio de celda

Item	Materiales	Unidad	Cant.	Precio Unitario (Q)	Precio Total (Q)	Mano de obra	Unidad	Cant.	Precio Unitario (Q)	Precio Total (Q)	
1	Materiales de obra civil	Unidad	1	10,000.00	10,000.00	Construcción muro perimetral	Metro	100	500.00	50,000.00	
2	Perfiles, lámina y soldadura	Unidad	1	10,000.00	10,000.00	Construcción Portón	Pieza	1	5,000.00	5,000.00	
3	Materiales de obra civil	Unidad	1	10,000.00	10,000.00	4 Bases de Concreto	Pieza	4	2,000.00	8,000.00	
4	Razor Ribon	M/L	100	100.00	10,000.00	Colocación del Razor	Pieza	1	5,000.00	5,000.00	
5	Materiales para soldadura cadwell	Pieza	10	200.00	2,000.00	Construcción anillo de tierras	Pieza	10	100.00	1,000.00	
6	Hierro galvanizado de 3"	Unidad	1	4,000.00	4,000.00	Sistema outdoor para equipos	Unidad	1	1,000.00	1,000.00	
7	Para acometida e inst. eléctrica	Unidad	1	10,000.00	10,000.00	Instalaciones eléctricas	Unidad	1	5,000.00	5,000.00	
8	Otros piedrín, pintura.	Unidad	1	5,000.00	5,000.00	Acarreo, pintura etc.	Unidad	1	5,000.00	5,000.00	
9	Generador de emergencia	Unidad	1	150,000.00	150,000.00	Instalación equipo de generación	Unidad	1	10,000.00	10,000.00	
10	Equipo CDMA 450 MHZ.	Unidad	1	375,000.00	375,000.00	Instalación de Equipo	Unidad	1	25,000.00	25,000.00	
				PRECIO TOTAL MATERIALES	586,000.00					PRECIO TOTAL MANO DE OBRA	115,000.00
				TOTAL PROYECTO SITIO DE CELDA						Q701,000.00	

COSTO PROYECTO CONSTRUCCION SITIO DE CELDA

Tabla XVIII. Costo proyecto red de cobre

COSTO PROYECTO DE RED DE COBRE

Item	Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Q.)	Precio Total (Q.)	Mano de obra	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Q.)	Precio Total (Q.)
1	Cable de 100 pares	Metro	165	8.00	1320.00	Instalación de metro de 100 pares	Metro	165	4.00	660.00
2	Cable de 50 pares	Metro	755	7.00	5285.00	Instalación de metro de 50 pares	Metro	755	4.00	3020.00
3	Cable de 30 pares	Metro	354	6.00	2124.00	Instalación de metro de 30 pares	Metro	354	3.00	1062.00
4	Cable de 20 pares	Metro	1005	6.00	6030.00	Instalación de metro de 20 pares	Metro	1005	3.00	3015.00
5	Mufas Xaga 150 pares	Pieza	1	400.00	400.00	Conexión de cables	Pieza	1	500.00	500.00
6	Mufas Xaga 100 pares	Pieza	2	280.00	560.00	Conexión de cables	Pieza	2	500.00	1000.00
7	Mufas Xaga 50 pares	Pieza	3	200.00	600.00	Conexión de cables	Pieza	3	300.00	900.00
8	Postes de 25 pies	Pieza	58	425.00	24650.00	Agujero. Instalación y aplomado	Pieza	58	225.00	13050.00
9	Herrajes para postes	Pieza	58	100.00	5800.00	Vestido de postes	Pieza	58	25.00	1450.00
10	Cajas terminales normales	Pieza	13	250.00	3250.00	Instalación de caja	Pieza	13	100.00	1300.00
11	Cajas con protección	Unidad	4	375.00	1500.00	Instalación de caja	Unidad	4	2200.00	8800.00
12	Armario incluida la base	Unidad	1	16000.00	16000.00	Instalación	Unidad	1	1600.00	1600.00
13	Equipo de Unidad Remota de DLU.	Unidad	1	375,000.00	375,000.00	Instalación de Equipo	Unidad	1	25,000.00	25,000.00
				PRECIO TOTAL MATERIALES	442,519.00		PRECIO TOTAL MANO DE OBRA			61,357.00
				TOTAL PROYECTO DE COBRE		Q503,876.00				

CONCLUSIONES

1. La inversión a realizar en el presente proyecto es grande, pero implica una ayuda de carácter social para esta comunidad.
2. Al colocar también, en esa población, un sitio de celda con su respectivo sistema radiante, asimismo cubre parte de la carretera que conduce hacia Puerto Barrios, por lo tanto, favorece, a los automovilistas que transitan por esa región.
3. Con la realización del proyecto de cobre que llevará el servicio a todas los hogares, comercios e instituciones de esta aldea, se está ayudando, también, a que puedan tener servicios básicos con los cuales no contaban y, además de eso los costos por cada llamada son más bajos que utilizar la telefonía celular.
4. Por último se hace énfasis en que el servicio de telefonía celular en la banda de 450 megahertz, la cuál no se utiliza todavía en Guatemala, es la que puede ayudar a prestar este servicio, debido a su radio de cobertura que es de 25 kilómetros de radio y no las bandas tradicionales que cubren 5.5 a 7 kilómetros de radio.

Además de esto, proporciona servicios de fax y de internet hasta una velocidad de 1Mbps.

RECOMENDACIONES

1. Este proyecto se debe de realizar en su totalidad, es decir, instalar el servicio de telefonía alámbrica y el servicio de telefonía inalámbrica para prestar todos los servicios necesarios.
2. Para que los costos estén más cercanos a la realidad, es necesario actualizarlos, debido a que los precios en nuestro medio están constantemente cambiando.
3. El proyecto debe de ser supervisado por una persona que tenga conocimiento de este campo, para evitar gastos innecesarios en la construcción de la infraestructura y en el funcionamiento correcto de los equipos.
4. Debe de considerarse instalar el equipo shelter y la metrocelda dentro del mismo espacio físico del sitio de celda, para que el generador de emergencia pueda dar servicio en el caso de corte del servicio de energía eléctrica y que ningún equipo se quede sin funcionar.

REFERENCIAS

1. Instituto Nacional de Estadística, planos catastrales del municipio de San Antonio La Paz y la aldea de Santo Domingo Los Ocotes, División de Censos y Encuestas, Departamento de Cartografía, Guatemala.2002.
2. SIEMENS AG de Alemania, Information Acces Remote DLU (RSDLU 400/700/1000), Issue by Customer Documentation Sector, Information Acces, Brazil. Sector Documentación. 2000.
3. NORTEL, Nortel Network Canadá, Información de equipos SHELTER distribuidos en Guatemala.
4. PCS digital de Telgua, Departamento de Construcción de Sitios de Celda.
5. Superintendencia de Telecomunicaciones (SIT), Departamento de Suministro de Frecuencias Electromagnéticas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ashok Albardar, Procesamiento de Señales Analógicas y Digitales, 2ª. Edición, Michigan Technological University, 2ª. Edición, México, 1999, 811 pp.
2. Louis A. Robb, Diccionario para Ingenieros, 29ª. Edición, México, Compañía Editorial Continental S.A. México. 1979. 664 pp.
3. Satoshi Akaike, Método de la Decisión del Calibre de Conductores del Cable Local, 1ª. Ed. Guatemala. División de Planeamiento y Diseño Telgua.
4. Stallings Williams, Comunicaciones y Redes de Computadoras, 7ª. Edición, México, Pearson, Prentice Hall. 2004. 868 pp.
5. Tomasi Wayne, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 4ª. Edición, Phoenix Arizona, 2003. 976 pp.
6. Vega Pérez, Víctor Lázaro Factibilidad del uso de repetidores de banda ancha para uso simultáneo en GSM y CDMA en banda 1900 Mhz. Tesis Ing. Eléctrica. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2005.

ANEXOS

ANEXO A PLANOS DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA A INSTALAR

Figura 28. Red de fibra óptica de Santo Domingo los Ocotes

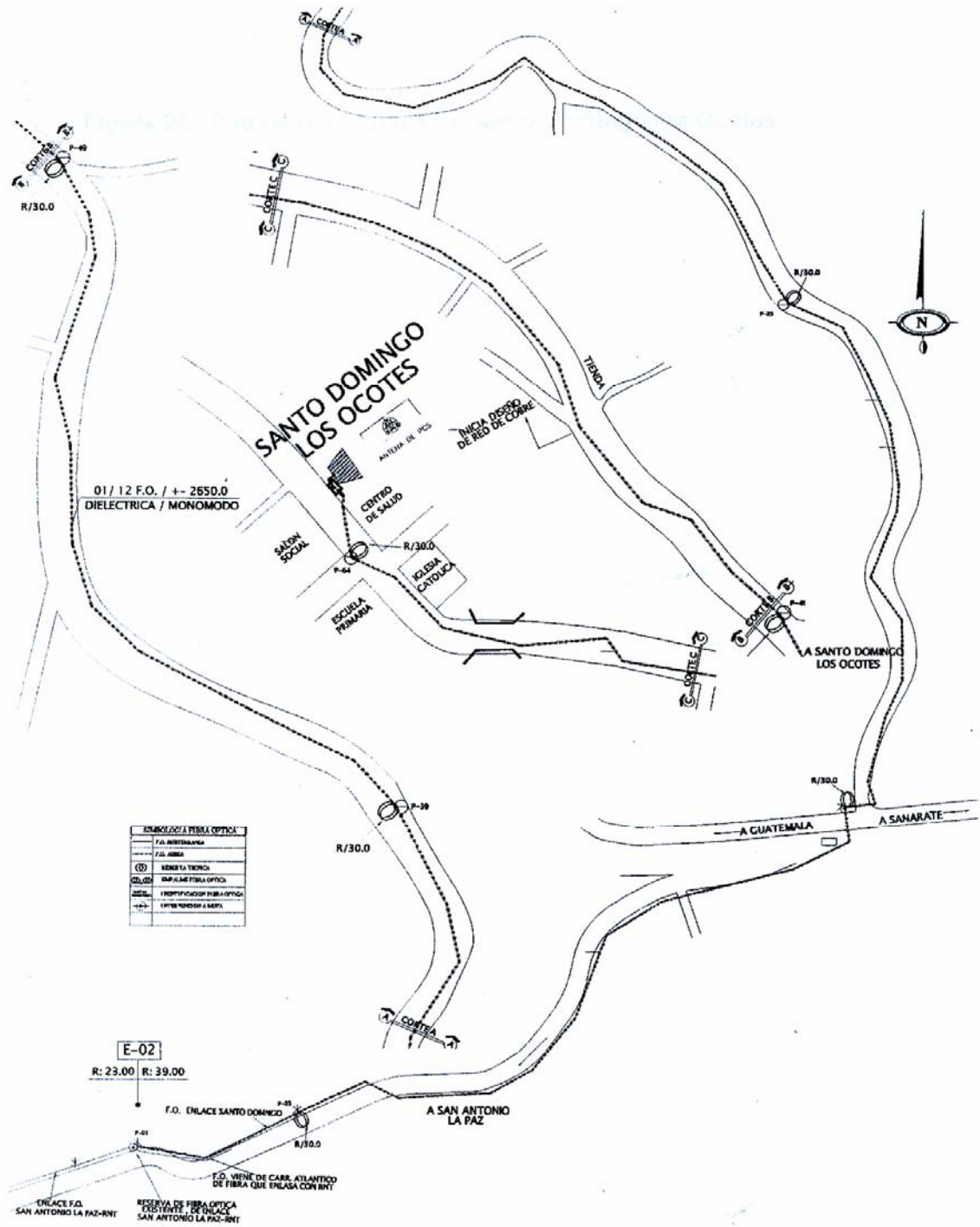


Figura 29. Red de posteo de Santo Domingo los Ocotes

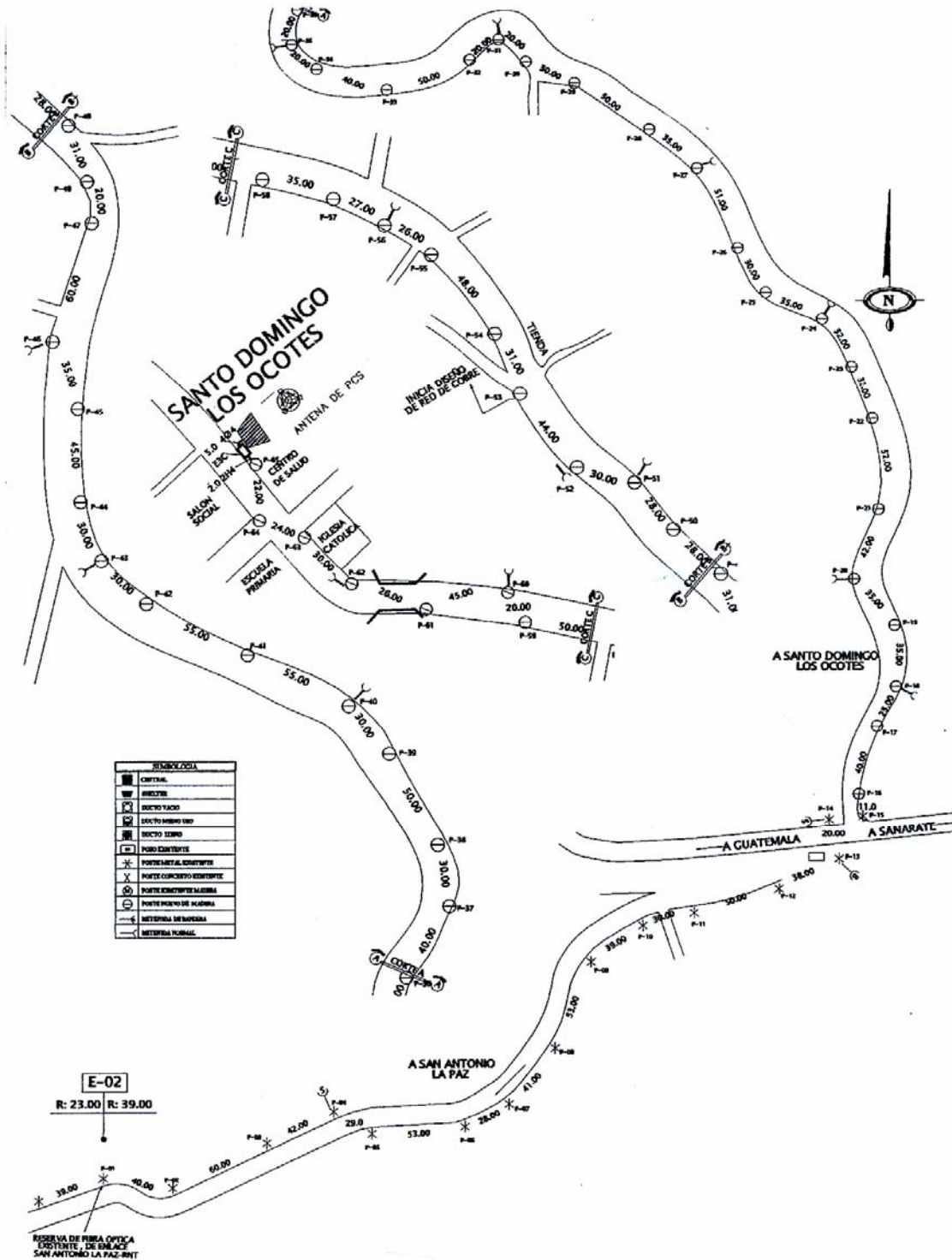


Figura 30. Red de fibra óptica de la red nacional de transmisión (RNT)

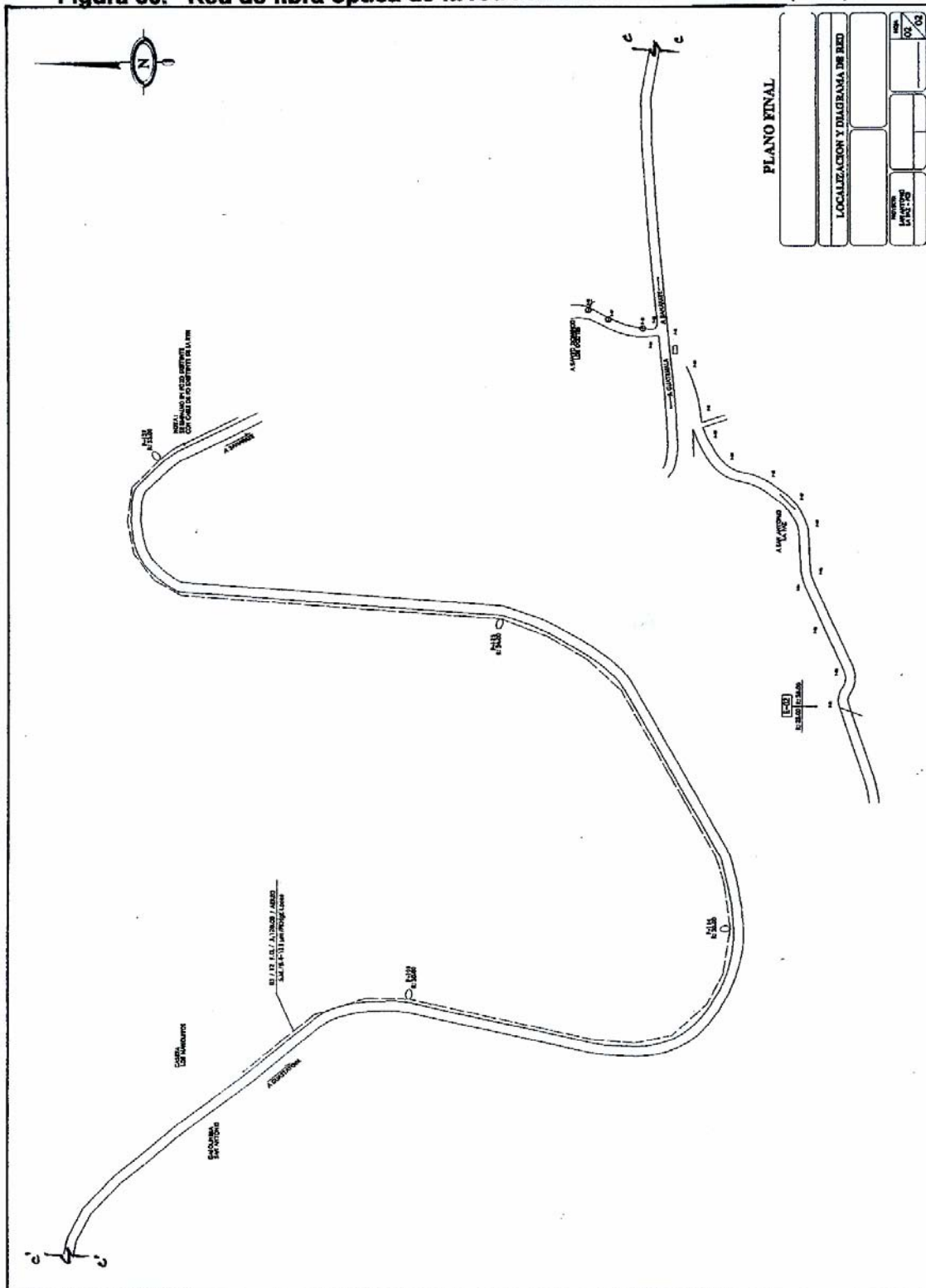
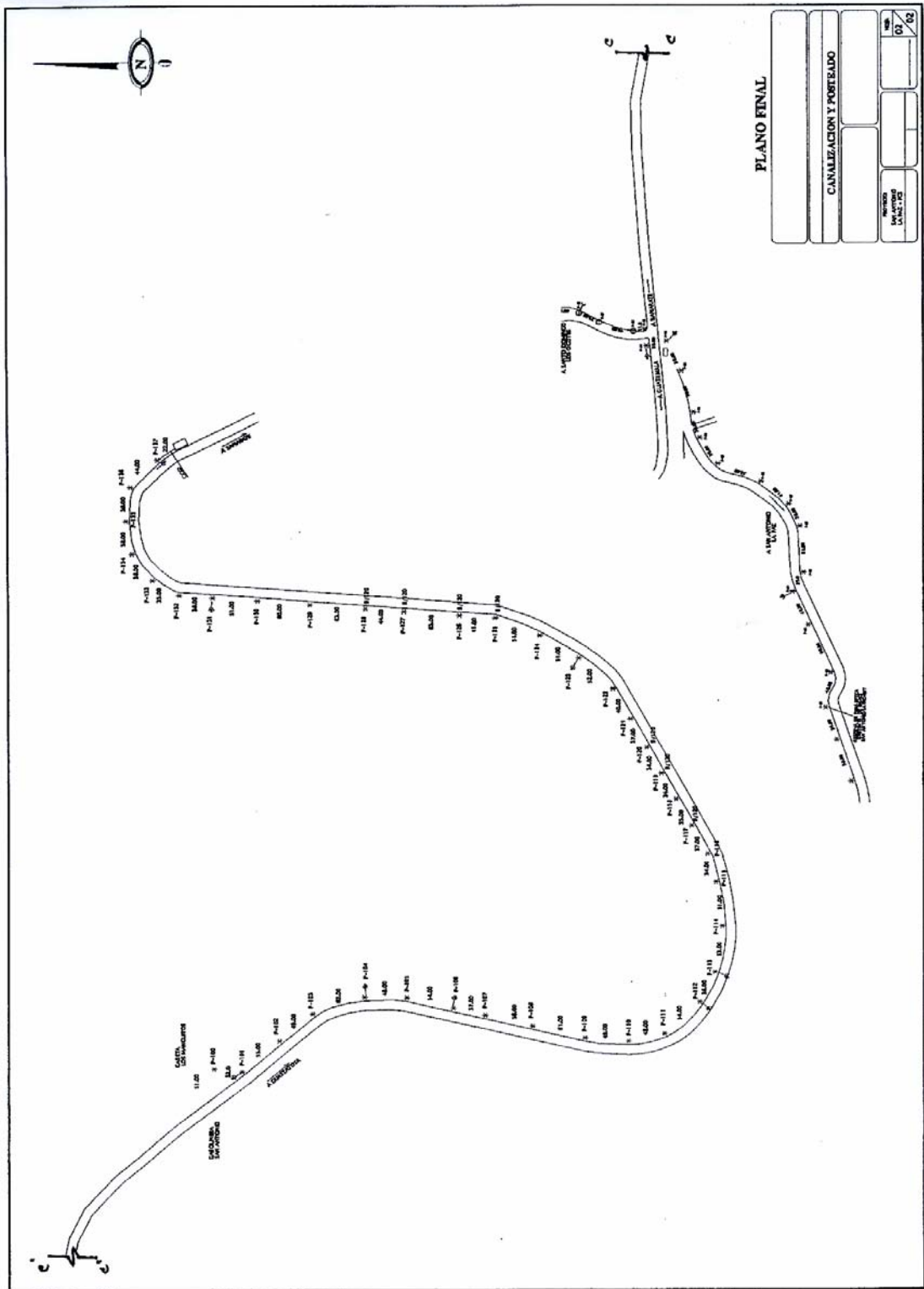


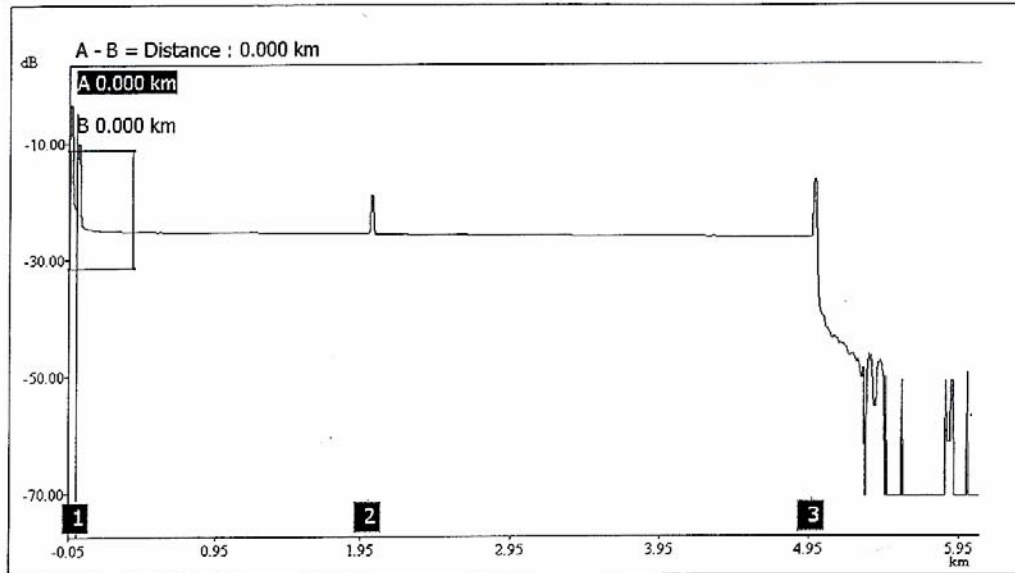
Figura 31. Posteo de la fibra óptica en la red nacional de transmisión (RNT)



**ANEXO B MUESTRAS DE MEDICIONES REALIZADAS EN UN CABLE
DE FIBRA ÓPTICA PARA LA INSTALACIÓN DE UN
SHELTER.**

Figura 32. Muestras de mediciones en la instalación de la fibra óptica

NetTek



Event Table (Testrecord A -> \FloppyDisk\F.015)

Event#	Dist. km	Loss dB	Reflectance dB	Cuml.Loss dB	Slope dB/km	Loss Δ dB	Distance Δ km
1	0.000	3.816	-37.780	3.816	--	--	--
2	2.001	0.136	-47.235	4.344	0.196	4.208	2.001
3 End	4.967	15.806	-40.511	4.860	0.174	0.652	2.966

Event / Landmark Notes(Testrecord A -> \FloppyDisk\F.015)

Event #	Code	Entering	Leaving	Longitude	Latitude	Comments
1	--	--	--	--	--	--
2	--	--	--	--	--	--
3	--	--	--	--	--	--

Acquisition Parameters : Testrecord A -> \FloppyDisk\F.015

OpticalModuleId	YSL1315
ModuleSerialNumber	B010109
SoftwareRevision	1.3
Module Revision	1.57
Test Mode	IntelliTrace Plus
Wavelength	1550
Refractive Index	1.46810
Cabling Factor	0.000
Backscatter Coefficient	-82.300
Zero Reference	0.000

Figura 33. Muestras de mediciones en la instalación de la fibra óptica

NetTek	
<hr/>	
Acquisition Parameters	: Testrecord A -> \FloppyDisk\F.033
<hr/>	
Pulsewidth	<Automatic>
Range	<Automatic>
Test Time (averages)	<Automatic>
Event Loss Threshold	0.050
Reflectance Threshold	-40.000
End Detection	5.000
Event Loss Limit	0.050
Reflectance Limit	-40.000
Slope Limit	0.250
Link Loss Limit	3.000
<hr/>	
Fiber Notes	Testrecord A -> \FloppyDisk\F.033
<hr/>	
Cable ID	TELGUA
Fiber ID	FIBRA 03
Cable Code	CABLE DE 12 FIBRAS
Operator	HECTOR MARTINEZ
Data Flag	BC
Start Location	S.H. INTERNATIONAL
Stop Location	KERNS
Comments	
<hr/>	

**ANEXO C PLANOS DE LA RED DE COBRE A CONSTRUIR PARA
DARLE SERVICIO A LOS ABONADOS DE LA ALDEA SANTO
DOMINGO LOS OCOTES.**

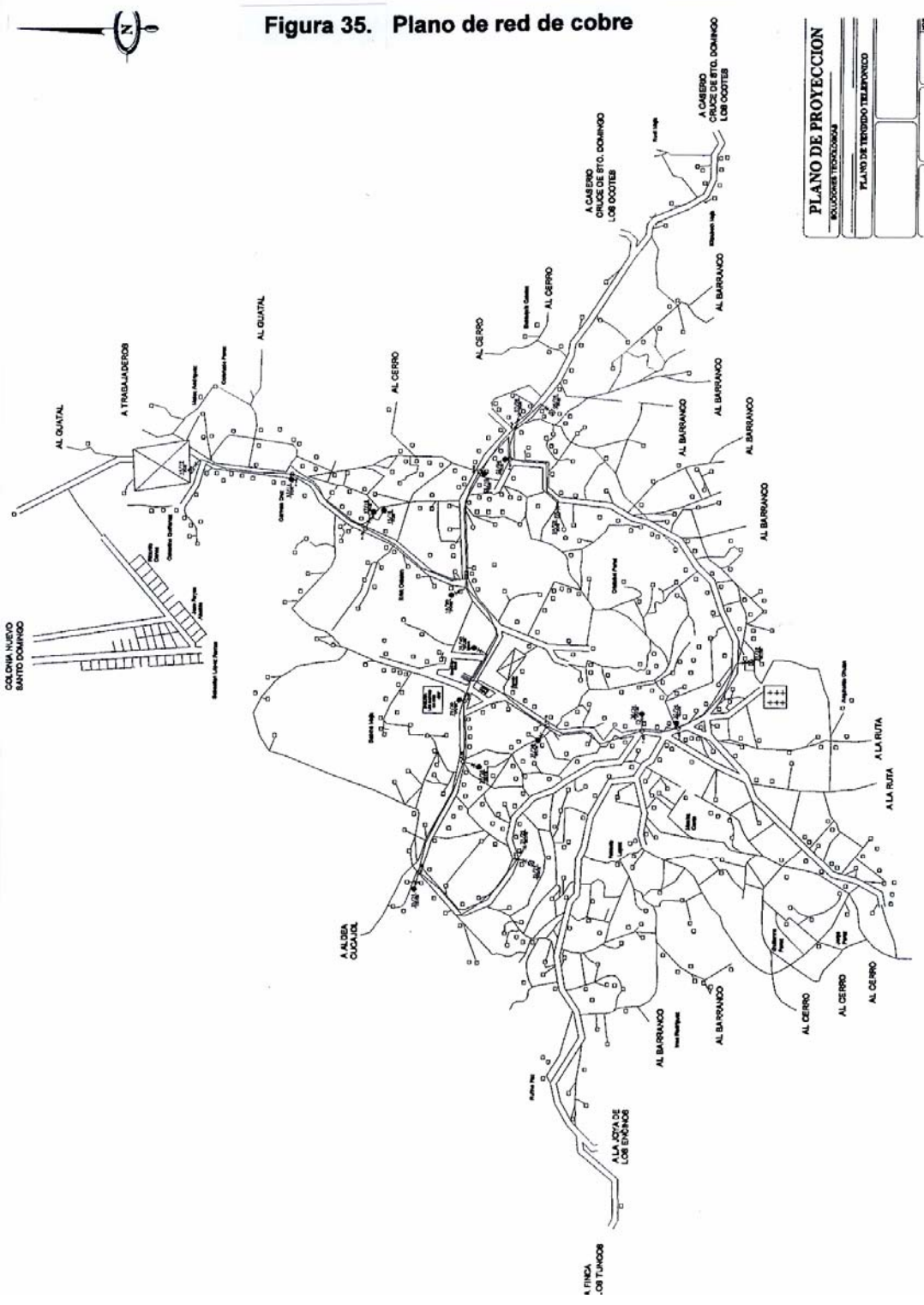


Figura 35. Plano de red de cobre

ANEXO D PLANOS DEL SITIO DE CELDA QUE DARÁ SERVICIO DE TELEFONÍA CELULAR A LA ALDEA DE SANTO DOMINGO LOS OCOTES.

Figura 36. Plano de ingreso de la fibra optica al sitio de celda (E1)

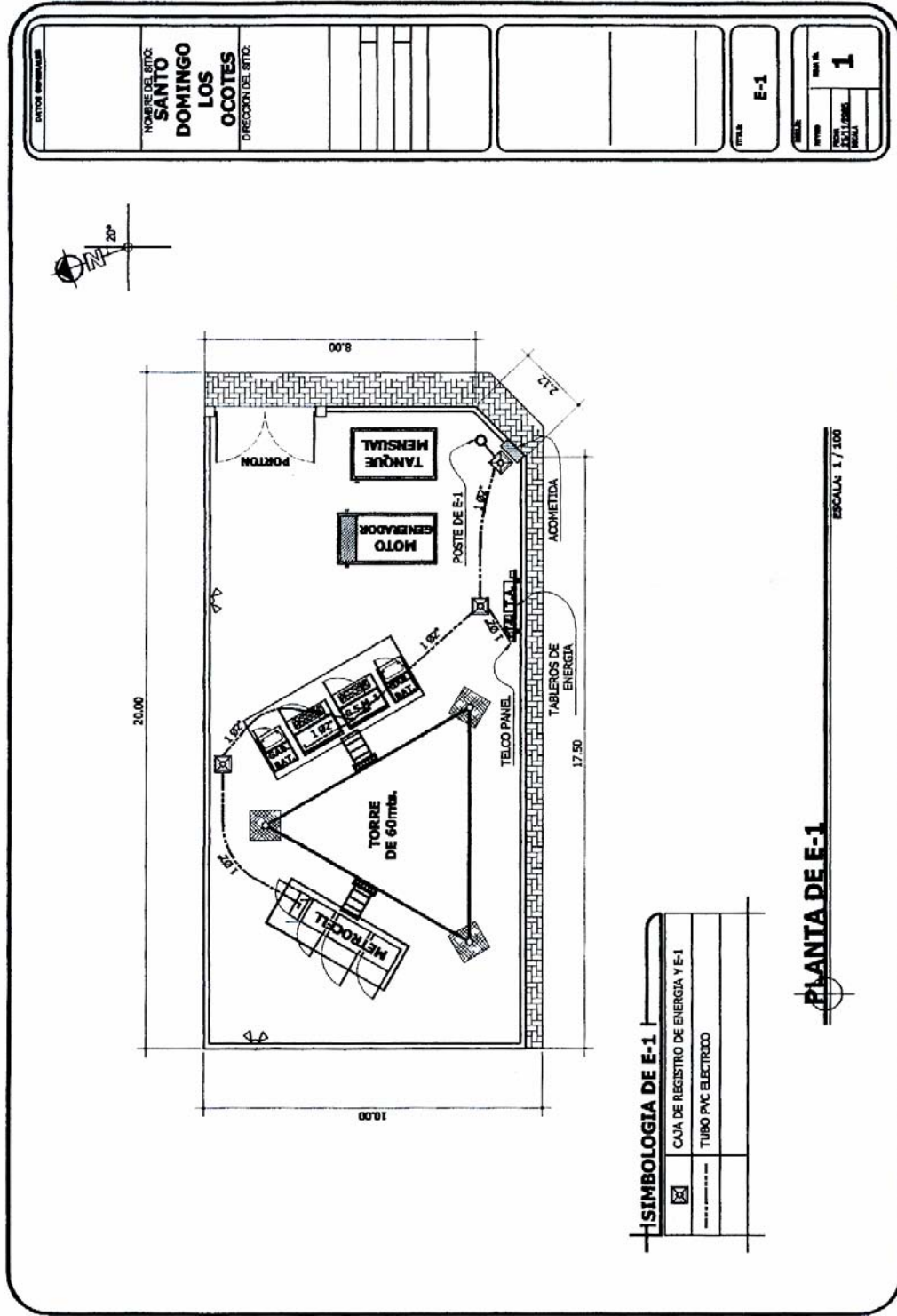
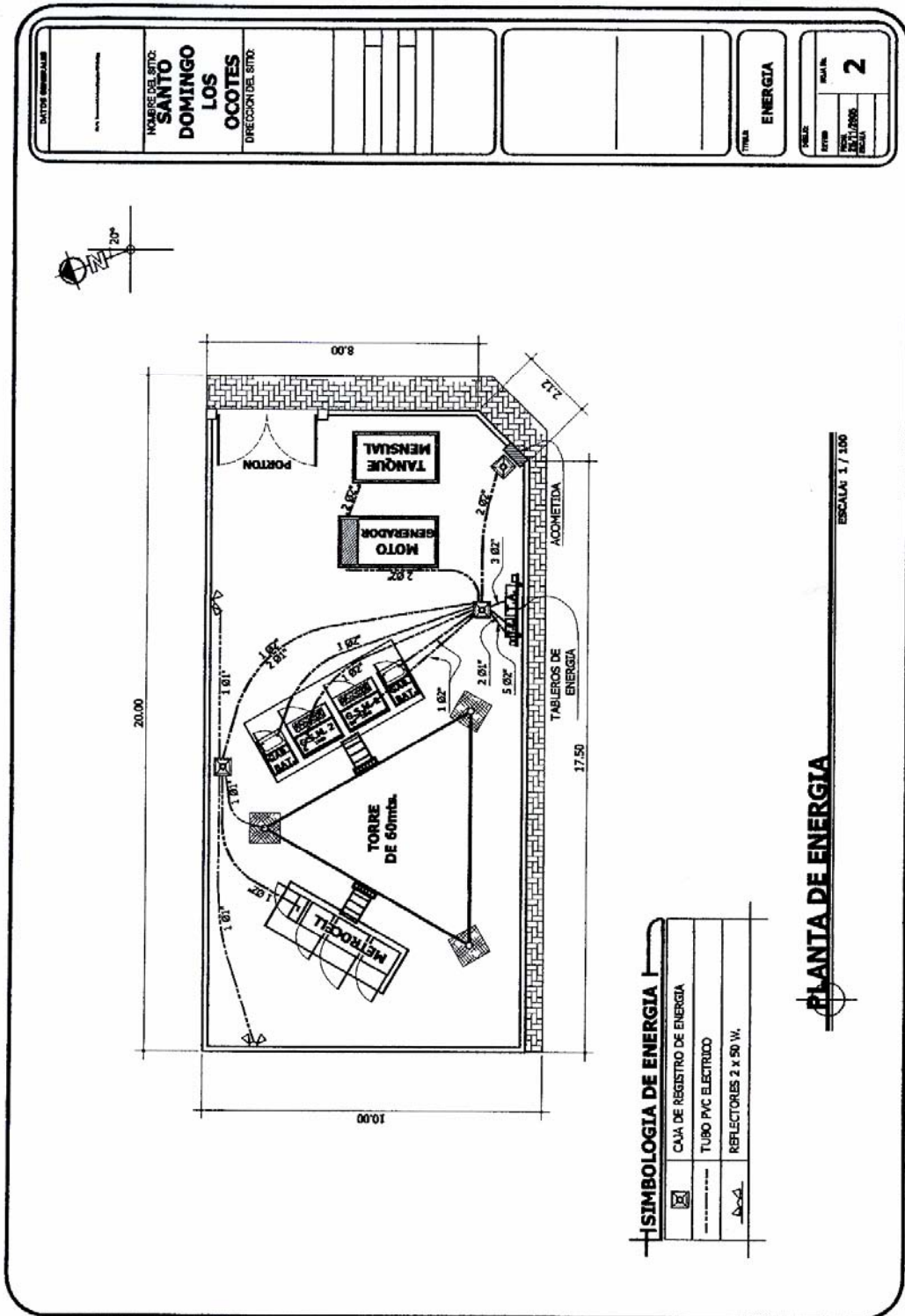


Figura 37. Plano de planta de energía



ISIMBIOLOGIA DE ENERGIA

	CAJA DE REGISTRO DE ENERGIA
	TUBO PVC ELECTRICO
	REFLECTORES 2 x 50 W.

PLANTA DE ENERGIA

ESCALA: 1 / 100

Figura 38. Plano de bases y equipo

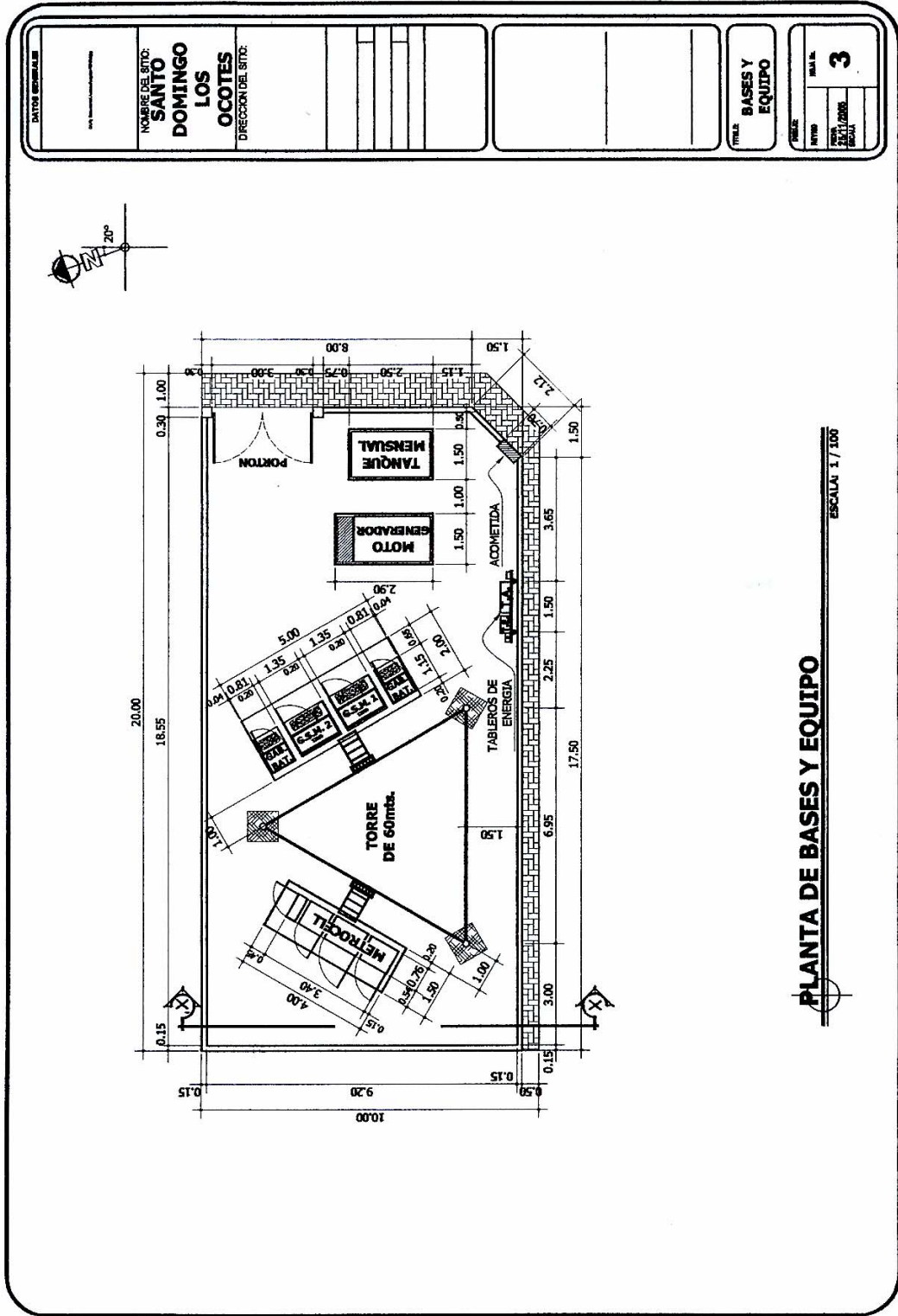
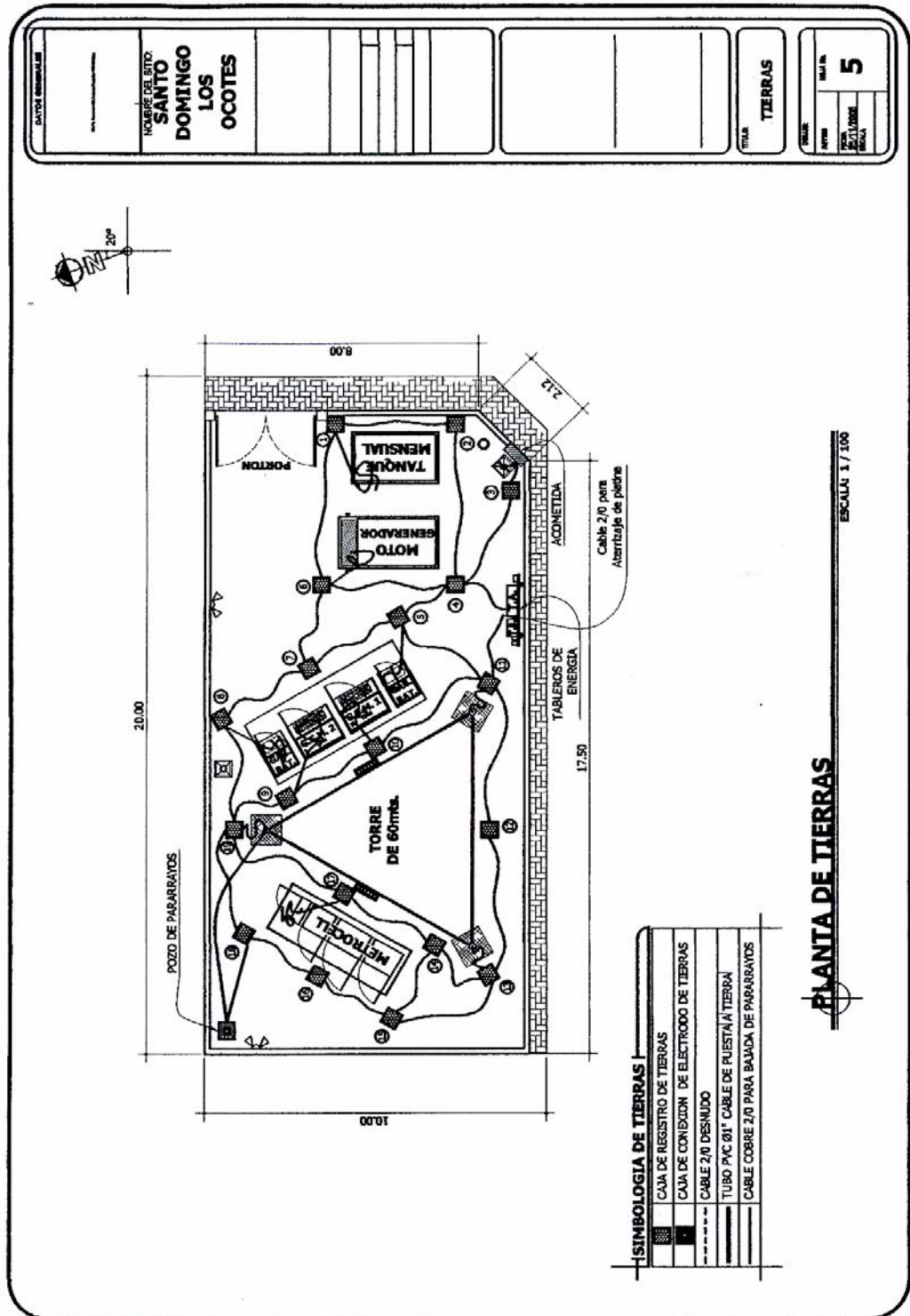
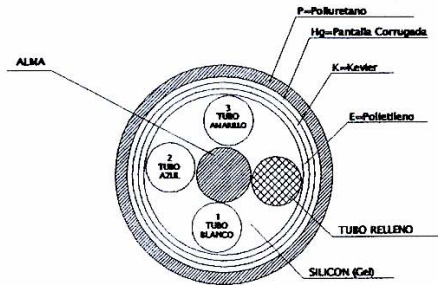


Figura 40. Plano de planta de tierras

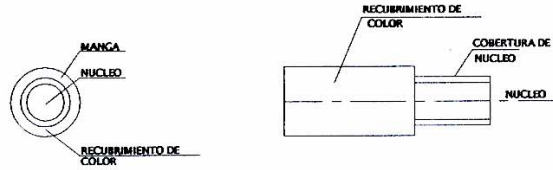


**ANEXO E SIMBOLOGÍA UTILIZADA PARA LOS DISEÑOS DE
RED DE COBRE Y DE FIBRA ÓPTICA**

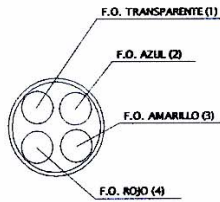
Figura 41. Sección de fibra óptica a utilizar



SECCION DE CABLE DE 12 FO



SECCION DE F.O.



SECCION DE TUBO DE CABLE DE 12 FO













CODIGO DE CABLE 12 F.O.

No. TUBO	COLOR	F.O.	COLOR
01	BLANCO	01	TRANSPARENTE
		02	AZUL
		03	AMARILLO
		04	ROJO
02	AZUL	05	TRANSPARENTE
		06	AZUL
		07	AMARILLO
		08	ROJO
03	AMARILLO	09	TRANSPARENTE
		10	AZUL
		11	AMARILLO
		12	ROJO

SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	CAJA DE FO
	EMPALME F.O., NUMERO XX
R: 00.00	RESERVA
A/B/C/D E	A= No. TRAMO
	B= No. DE FIBRAS OPTICAS
	C= LONGITUD DE CABLE EN MTS.
	D= TIPO DE F.O.
	E= MODO DE FIBRA

Tabla XIX Simbología de fibra óptica

SIMBOLOGIA	
	CENTRAL
	SHELTER
	DUCTO VACIO
	DUCTO MEDIO USO
	DUCTO LLENO
	POZO EXISTENTE
	POSTE METAL EXISTENTE
	POSTE CONCRETO EXISTENTE
	POSTE EXISTENTE MADERA
	POSTE NUEVO DE MADERA
	RETENIDA DE BANDERA
	RETENIDA NORMAL



SIMBOLOGIA FIBRA OPTICA	
	F.O. SUBTERRANEA
	F.O. AEREA
	RESERVA TECNICA
	EMPALME FIBRA OPTICA
	IDENTIFICACION FIBRA OPTICA
	INTERVENCION A MUFA

Tabla XX Simbología de red existente

SIMBOLOGIA DE RED	
	UNIDAD REMOTA O SHELTER
	MUX
	REGLETA EN MDF O CD
	C.T. DE 10" EN PEDESTAL
	C.T. DE 20" EN PEDESTAL
	C.T. DE 5" EN PARED
	C.T. DE 10" EN PARED
	C.T. DE 20" EN PARED
	C.T. DE 5" EN POSTE
	C.T. DE 10" EN POSTE
	C.T. DE 20" EN POSTE
	C.T. DE 10" FUSIBLE
	C.T. DE 20" FUSIBLE
	RESERVA
	C.T. INTERIOR 00-00 = NUMERO CATASTRAL 0000 = NUMERO DEL INMOBILIARIO O EDIFICIO
	C.T. DE 5" EN ZOCALO
	C.T. DE 10" EN ZOCALO
	C.T. DE 20" EN ZOCALO
	C.T. DE 10" MULTISERVICIO 000-00 = UBICACION DEL EMPALME
	EMPALME 000-00 = UBICACION DEL EMPALME
	CAPADURA 000-00 = UBICACION DE LA CAPADURA
	EMPALME EN PEDESTAL O MINIPOSTE 000-00 = UBICACION DEL EMPALME
	CAPADURA EN PEDESTAL O MINIPOSTE 000-00 = UBICACION DE LA CAPADURA
	TIERRA FISICA
	CABLE EN DUCTO
	CABLE AEREO AUTOSOPORTADO
	CABLE ENTERRADO
	CABLE AEREO DEVANADO
	CABLE EN CORNIZA LOSA O PARED
	INFORMACION DEL TRAMO DEL CABLE
	NUMERACION DE LA CAJA TERMINAL NUMERACION DE PARES

Tabla XXI Simbología de canalización existente








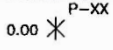
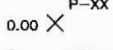
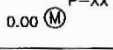
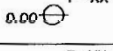
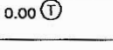






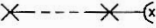


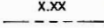
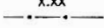

SIMBOLOGIA DE CANALIZACION	
	CENTRAL
	UNIDAD REMOTA O SHELTER
	MUX
	ARMARIO
 XXX-YY	POZO XXX-YY = TIPO Y NUMERO DE POZO
 A-A	POZO ABONADO A-A = TIPO Y NUMERO DE POZO
	CANALIZACION NORMALIZADA 2H4 = TIPO DE FORMACION DE DUCTOS 0.00M = LONGITUD DE LA VIA
	POSTE DE METAL P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE CONCRETO P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE MADERA P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE ABONADO P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE TELEGRAFO P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	SUBIDA A PARED 0.00 = LONGITUD
	ACCESO A ZOCALO 0.00 = LONGITUD
	PEDESTAL PARA C.T. 0.00 = LONGITUD
	ACOMETIDA 0.00M = LONGITUD XXXX = UBICACION
	SUBIDA A POSTE 0.00 = DISTANCIA
	RETENIDA X = TIPO DE RETENIDA B = BANDERA S = SIMPLE P = PROLONGADA T = TRANQUILLA
	RETENIDA PROLONGADA
	DIAGRAMA DE OCUPACION DE VIAS
	VIAS NUEVAS / VIAS EXISTENTES VIAS LIBRES
	ZANJA O BRECHA PARA CABLE ENTERRADO X.XX = DISTANCIA
	PROYECCION DE CABLE SOBRE TECHO X.XX = DISTANCIA
	ANTENA DE PCS

Tabla XXII Simbología de red nueva

SIMBOLOGIA DE RED	
	UNIDAD REMOTA O SHELTER
	MUX
	REGLETA EN MDF O CD
	C.T. DE 10" EN PEDESTAL
	C.T. DE 20" EN PEDESTAL
	C.T. DE 5" EN PARED
	C.T. DE 10" EN PARED
	C.T. DE 20" EN PARED
	C.T. DE 5" EN POSTE
	C.T. DE 10" EN POSTE
	C.T. DE 20" EN POSTE
	C.T. DE 10" FUSIBLE
	C.T. DE 20" FUSIBLE
	RESERVA
	C.T. INTERIOR 00-00 = NUMERO CABLETAL XXXX = NUMERO DEL BRANDEO O EDIFICIO
	C.T. DE 5" EN ZOCALO
	C.T. DE 10" EN ZOCALO
	C.T. DE 20" EN ZOCALO
	C.T. DE 10" MULTESERVICIO NUEVA
	EMPALME 000-00 = UBICACION DEL EMPALME
	CAPADURA 000-00 = UBICACION DE LA CAPADURA
	EMPALME EN PEDESTAL O MINIPOSTE 000-00 = UBICACION DEL EMPALME
	CAPADURA EN PEDESTAL O MINIPOSTE 000-00 = UBICACION DE LA CAPADURA
	TIERRA FISICA
	CABLE EN DUCTO
	CABLE AEREO AUTOSOPORTADO
	CABLE ENTERRADO
	CABLE AEREO DEVANADO
	CABLE EN CORNIZA LOSA O PARED
	INFORMACION DEL TRAMO DEL CABLE
	NUMERACION DE LA CAJA TERMINAL NUMERACION DE PARES
	MUFA ABIERTA 000-00 = UBICACION DE LA MUFA A ABRIR

NOTA:
LA SIMBOLOGIA DE RED NUEVA Y EXISTENTE ES LA MISMA, UNICAMENTE VARIA EL GROSOR DE LA LINEA CON QUE SE REPRESENTA EN EL PLANO (NUEVO=GRUESO; EXISTENTE=DELGADO)
C.T. = CAJA TERMINAL

Tabla XXIII Simbología de canalización nueva

SIMBOLOGIA DE CANALIZACION	
	CENTRAL
	UNIDAD REMOTA O SHELTER
	MUX
	ARMARIO EXISTENTE
	ARMARIO NUEVO
	POZO XXX-YY = TIPO DE POZO Y NUMERO
	AMPLIACION DE POZO XXX-YY = TIPO DE POZO Y NUMERO
	POZO ABONADO A-A = NUMERO DE POZO
	CANALIZACION NORMALIZADA 2H4 = TIPO DE FORMACION DE DUCTOS 0.00M = LONGITUD DE LA VIA
	POSTE DE METAL EXISTENTE P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE METAL NUEVO P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE CONCRETO EXISTENTE P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE CONCRETO NUEVO P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE MADERA EXISTENTE P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE MADERA NUEVO P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE ABONADO P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE TELEGRAFO P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	SUBIDA A PARED 0.00 = LONGITUD
	ACCESO A ZOCALO 0.00 = LONGITUD
	PEDESTAL PARA C.T. 0.00 = LONGITUD
	ACOMETIDA 0.00M = LONGITUD XXXX = UBICACION
	SUBIDA A POSTE 0.00 = DISTANCIA
	RETENIDA X = TIPO DE RETENIDA S = SIMPLE T = TRANQUILLA
	B = BANDERA P = PROLONGADA
	RETENIDA PROLONGADA
	DIAGRAMA DE OCUPACION DE VIAS VIAS NUEVAS / VIAS EXISTENTES VIAS LIBRES
	ZANJA O BRECHA PARA CABLE ENTERRADO X.XX = DISTANCIA
	PROYECCION DE CABLE SOBRE TECHO X.XX = DISTANCIA
	ANTENA DE PCS

NOTA:
LA SIMBOLOGIA DE RED NUEVA Y EXISTENTE ES LA MISMA, UNICAMENTE VARIA EL GROSOR DE LA LINEA CON QUE SE REPRESENTA EN EL PLANO (NUEVO=GRUESO; EXISTENTE=DELGADO)