

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE PLANTA EXTERNA DE UNA
RED BACKBONE DE FIBRA OPTICA PARA UN OPERADOR**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR:
DANIEL ANTONIO IZQUIERDO CALIXTO**

PROMOCIÓN

2009-I

LIMA - PERÚ

2013

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE PLANTA EXTERNA DE UNA RED
BACKBONE DE FIBRA OPTICA PARA UN OPERADOR**

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida.

A mis padres Moisés Izquierdo y Vilma Calixto que con sus consejos, enseñanzas, constancia y superación han hecho la persona que soy.

A mis hermanos Giovanna, Anita, Omar, David, Rubén, Edith, también a mis sobrinos y a mi familia que siempre me brindaron su apoyo.

A Isabel y a todas las personas que creyeron en mí.

SUMARIO

El presente informe de suficiencia describe el desarrollo de planta externa de una red de Backbone de fibra óptica; el desarrollo consiste en el diseño de la red de planta externa teniendo en cuenta las consideraciones de normas dadas por empresas propietarias de los postes para cableado de comunicación como también la viabilidad de autorizaciones por los diversos entes municipales para el desarrollo de la planta externa. Asimismo en el informe se detalla los diversos presupuestos generados para el desarrollo e implementación de la red Backbone. Así como también el tiempo estimado de esta.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I	
PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA	2
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Alcance del informe	2
1.3 Objetivos del informe	2
1.4 Evaluación del problema.....	2
1.5 Limitaciones del trabajo.....	3
1.6 Síntesis del trabajo.....	3
CAPITULO II	
MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	4
2.1 Historia de las Comunicaciones Ópticas	4
2.2 Propagación Óptica.....	5
2.2.1 Fenómenos asociados a la Propagación Óptica	7
2.2.2 Propagación Óptica en la Fibra Óptica.....	9
CAPITULO III	
METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....	35
3.1 Situación actual de la red del operador	35
3.2 Análisis para el diseño e implementación de la red.....	35
3.3 Diseño, desarrollo e implementación de la red Troncal	44
3.3.1 Ubicación del Nodo Central y los Nodos Secundarios.....	44
3.3.2 Establecimiento de los Enlaces Backbone.....	46
3.3.3 Obtención de información en el estudio de campo.....	49

3.3.4	Proceso de obtención de licencias para la ejecución de las rutas	60
3.3.5	Proceso de instalación de la red Backbone.....	62
3.3.6	Materiales, herramientas y equipos de protección personal (EPP) usados en el cableado de la red Backbone.	80
3.3.7	Cálculos de enlace de ruta Backbone.	89
CAPITULO IV		
PRESUPUESTO DEL PROYECTO		115
4.1	Presupuesto de trámite documentario.....	115
4.1	Detalle de forma de cobro en cada ente	115
4.2	Presupuesto de Materiales	120
4.2.1	Materiales del Cableado Aéreo.....	120
4.2.2	Materiales del Canalizado.....	127
4.2.3	Materiales de las Cámaras	129
4.3	Presupuesto de mano de obra.....	131
4.3.1	Presupuesto de Mano de Obra del Cableado Aéreo.....	131
4.3.2	Presupuesto de Mano de Obra del Canalizado	134
4.3.2	Presupuesto de Mano de Obra de las Cámaras	138
CAPITULO V		
CRONOGRAMA DEL PROYECTO		140
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
CONCLUSIONES		142
RECOMENDACIONES		143
ANEXO A		
GLOSARIO DE TERMINOS		144
ANEXO B		
RUTA NODO CENTRAL - NODO A.....		147
ANEXO C		
RUTA NODO A - NODO B.....		152

ANEXO D	
 RUTA NODO B - NODO C	157
ANEXO E	
 RUTA NODO C - NODO CENTRAL	164
ANEXO F	
 RETENIDA HORIZONTAL - RETENIDA VERTICAL	172
ANEXO G	
 PLANOS DE CANALIZADOS	175
ANEXO H	
 PLANOS DE CAMARAS.....	180
ANEXO I	
 PLANO DE ARO Y TAPA DE CAMARA.....	183
ANEXO J	
 SUMMARY DE RED BACKBONE.....	186
ANEXO K	
 FERRETERIA DE RED BACKBONE	195
BIBLIOGRAFIA.....	231

INTRODUCCION

En los sistemas de comunicaciones la conectividad entre dos puntos para la transferencia de información es muy importante y es por ello se usa dos formas físicas de establecer la conectividad entre dos puntos: vía inalámbrica (microondas, etc) o vía alámbrica (cable coaxial, cable fibra óptica, etc).

En el campo de la comunicación alámbrica, la fibra óptica es el medio físico de soportar grandes capacidades y en largas distancias la que mejor trabaja por su baja atenuación. La diversidad de tipos de cables de fibra óptica hace que se use según el objetivo de la transmisión.

En el desarrollo de una planta externa para la conectividad entre dos puntos mediante la fibra óptica ADSS existen dos formas: cableado aéreo y el cableado subterráneo. El cableado aéreo consiste en el despliegue de la red apoyándose en los postes existentes de la vía pública ya sea postes de comunicación o postes de la red eléctrica. Y la otra forma es el cableado subterráneo que consiste en desplegar la red por medio de cámaras subterráneas que están interconectadas por ductería subterránea; la determinación de la forma del tipo del cableado depende de la factibilidad para el despliegue en el momento del diseño.

Para la ejecución del cableado aéreo o subterráneo en la vía pública se debe de respetar la normatividad dispuestas en la TUPA por las municipalidades distritales y/o entes ligadas al municipio, ya que estas normatividades están basadas en la seguridad peatonal e impacto visual de la vía pública.

El costeo proyectado para una obra debería de comprender todos gastos que deberían de realizarse para la ejecución del proyecto y en concordancia con los plazos establecidos desde el inicio hasta el final de la obra proyectada.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Para la descripción del problema nos basamos en las necesidades del operador:

- Necesidad de una operadora de construir su red dorsal(Backbone) con enlaces de fibra óptica entre su Estación Central y sus Nodos principales.
- La urgencia de contar con una infraestructura capaz de soportar las necesidades de transporte de la información con el fin de dar alta capacidad y confiabilidad para sus servicios.

1.2 Alcance del informe

- El informe describe el diseño y la implementación de planta externa de una Red Backbone de Fibra Óptica que considera el uso compartido de las estructuras (Postes) existentes y algunas estructuras nuevas proyectadas.
- Utilización de las estructuras existentes corresponden al sistema de alumbrado público, líneas de baja tensión de las empresas eléctricas como EDELNOR S.A.C o también de LUZ DEL SUR S.A.C. así también de la red de posteria existente de TELEFONICA DEL PERU S.A.C.
- El informe también se enfoca al tema de tendido de Fibra Óptica aérea(incluyendo los accesorios a instalarse y la instalación de cable aéreo autosoportado de Fibra Óptica), instalación de anclas y ristas como también al tema de canalizado o micro canalizado donde sea necesario.
- El desarrollo del diseño e implementación se regirá por las propias normas de las entidades para el uso de sus infraestructuras existentes.

1.3 Objetivos del informe

Los objetivos de este informe son:

- Proveer una Red Backbone de Fibra Óptica para un operador enfocando los procesos de diseño e implementación de la planta externa.
- Establecer conexión de los anillos existentes entre sus Estaciones Base con la Estación Central.
- Tener capacidad de comunicaciones para los servicios que va a brindar y así dar escalabilidad a sus servicios futuros.

1.4 Evaluación del problema

Después de reconocer la necesidad que presenta el Operador para el despliegue de su servicio, se diseñará e implementará una red de Backbone de fibra óptica en el ambiente de la planta externa como forma de establecer un enlace dedicado entre sus Estaciones Base y su Estación Central.

1.5 Limitaciones del trabajo

El presente trabajo se enfocará solo en el diseño e implementación de la planta externa de la red Backbone más no en los detalles de transmisiones de información, en la forma de propagación de las señales en el medio de transmisión, en el detalle o análisis de la elección de equipos de comunicaciones.

1.6 Síntesis del trabajo

Este trabajo se enfoca en describir el diseño e implementación de planta externa de una red Backbone de fibra óptica. El trabajo se divide en los siguientes capítulos:

- El Capítulo I explica el planteamiento de ingeniería del problema.
- El Capítulo II explica el marco teórico conceptual relacionado con el tema del trabajo a realizar.
- El Capítulo III explica la metodología para la solución del problema, es decir explica comenzando desde la situación de operador, luego explica el análisis, el diseño, desarrollo e implementación del trabajo el cual consiste en la explicación del estudio de campo, del proceso de obtención de licencias, del proceso de instalación de la red de planta externa, del uso de materiales, herramientas y EPP durante el proceso de instalación y los cálculos del enlace de la red Backbone entre sus Estaciones Base y la estación Base.
- El Capítulo IV explica el presupuesto total relacionado con el proyecto.
- El Capítulo V muestra el cronograma de tiempo del proyecto.

Finalmente se presenta las conclusiones del trabajo y las recomendaciones finales.

CAPITULO II MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1 Historia de las Comunicaciones Ópticas

Para el envío y recepción de información, el proceso de esta es por varias etapas desde los puntos extremos (el transmisor y el receptor). Así la información a transmitir se superpone o modula sobre una señal portadora hasta llegar al receptor y allí ser demodulada la señal portadora para extraer la información transmitida. La señal portadora podría ser de dos maneras: Las ondas electromagnéticas del rango de frecuencias de radio son usadas en microondas y las ondas luminosas del rango del espectro de la región visible que emplean la fibra óptica para su transmisión (Belleza, 2008).

Echando un vistazo al pasado de las comunicaciones; Claude Chappe en 1790, haciendo uso de retransmisoras entre el transmisor y receptor pudo transmitir mensajes codificados a distancias alrededor de los 100Km. En 1830, por medio del uso de la electricidad, la Telegrafía usando el código Morse la velocidad de transmisión pudo aumentarse hasta alrededor de 10bps. En cuanto a las líneas de transmisión, el uso de cables coaxiales en lugar del par trenzado hizo que incrementara la capacidad de transmisión del sistema. Otro factor importante es el ancho de banda en la transmisión, este factor es dependiente de la atenuación del medio de transmisión con su frecuencia de operación, el cual incrementa a frecuencias mayores a 10MHz. Con la limitación que genera la atenuación se desarrolló las radiocomunicaciones, con portadoras de altas frecuencias (VHF y UHF), y más altas frecuencias como las microondas (1~ 10GHz) y el de las ondas milimétricas. Kao y Hockhan en 1966 propusieron el uso de fibras ópticas fabricadas con vidrio pero estas al comienzo tuvieron una atenuación muy (1000 dB/Km) (Belleza, 2008).

Durante 30 años (1975 - 2005) se produjeron varias generaciones en los sistemas de comunicaciones por fibra óptica. La primera generación operó cerca de 0.8um y usó fibras ópticas del tipo multimodo y los Láseres a semiconductores de GaAs, transmitiendo a 45Mbps y la generación de señal hasta 10Km. A partir de 1970 se desarrolló Láseres a semiconductores de InGaAsP y de Fotodetectores con una longitud de onda de operación cercanas a 1.3um con el fin de obtener una atenuación inferior a 1dB/Km. La segunda generación (inicios del año 1980), con la existencia de la fibra monomodo el factor de la dispersión existente en la fibras multimodo es superada, pudiendo transmitir hasta

1.7Gbps y con regeneración hasta 50Km. La tercera generación (1990), operando en la longitud de onda de 1.55 μ m, transmitiendo de 2Gbps hasta 10Gbps y la regeneración cada 60Km o 70 Km. En la cuarta generación el uso de amplificadores y la Multiplexación por División de longitud de Onda (WDM) se desarrolló para incrementar la sección de regeneración y tener una velocidad de transmisión de 10 Tbps respectivamente. En la quinta generación la extensión del rango de longitudes de onda de la Banda C (1.53 μ m - 1.57 μ m) es extendida sobre ambos lados de esta: Onda corta(Banda S) y de onda larga(Banda L) (Belleza, 2008).

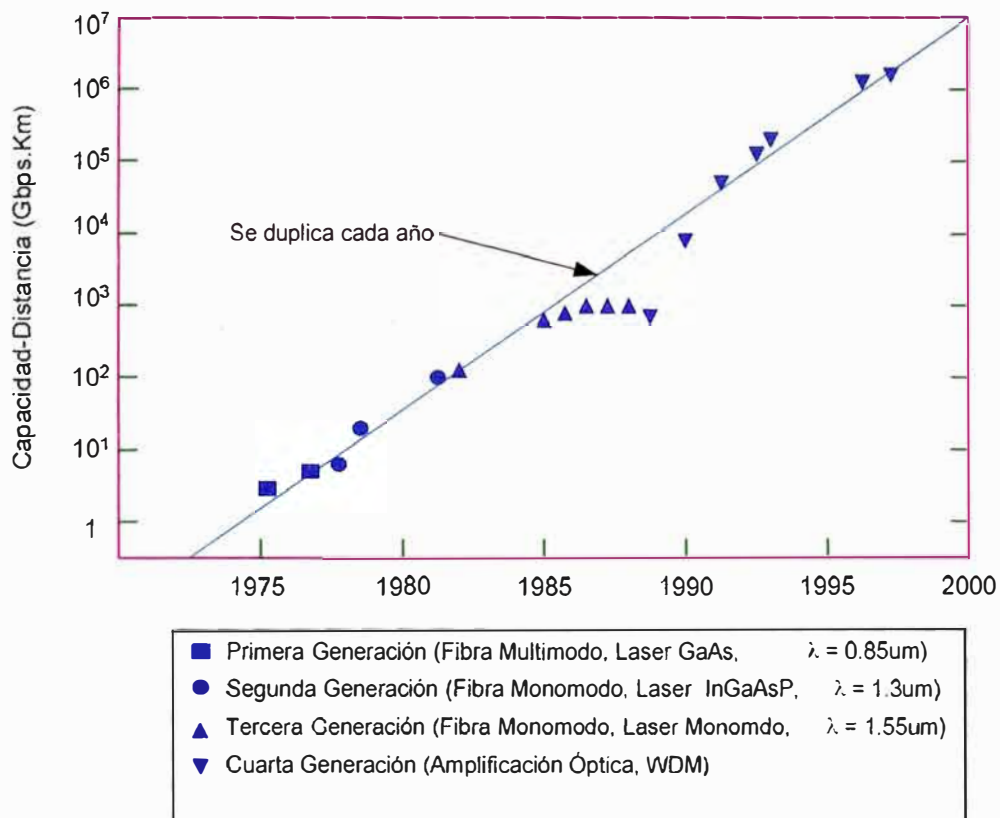


Fig 2.1.- Aumento del Producto BL a través de varias generaciones de los Sistemas de Comunicaciones Ópticas.

2.2 Propagación Óptica

La propagación de ondas electromagnéticas es a través de diferentes medios, ya sea en el medio metálico, en el vacío o en un medio dieléctrico. El espectro de las ondas electromagnéticas comprende el rango desde las ondas largas de radio hasta las ondas cortas de Radiación Cósmica. Dentro de este espectro electromagnético existe un rango de longitudes de ondas que son visibles al ojo humano, estas ondas es desde 400nm que corresponde al color violeta hasta los 700nm del color rojo (Breidenbach, 1997).

Las longitudes de onda(λ) y las frecuencias(f) asociadas al espectro están relacionadas:

$$f = c/\lambda \quad (2.1)$$

Donde: $C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ (Velocidad de la luz en el aire).

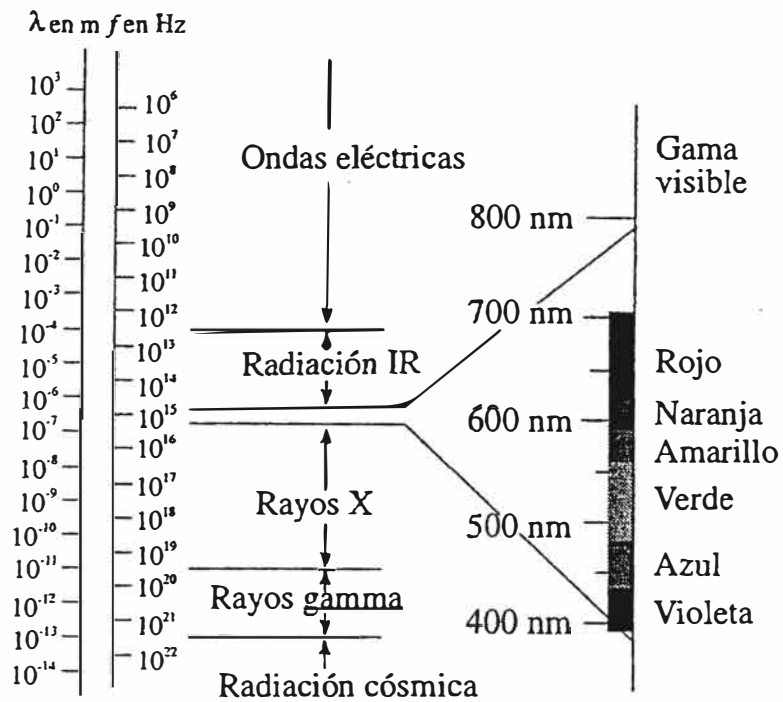


Fig 2.2.- Espectro Visible.

Ademas existen dos regiones que estan relacionadas a la óptica: Las regiones infrarrojo (750nm a 4000nm) y ultravioleta (5nm a 390nm)

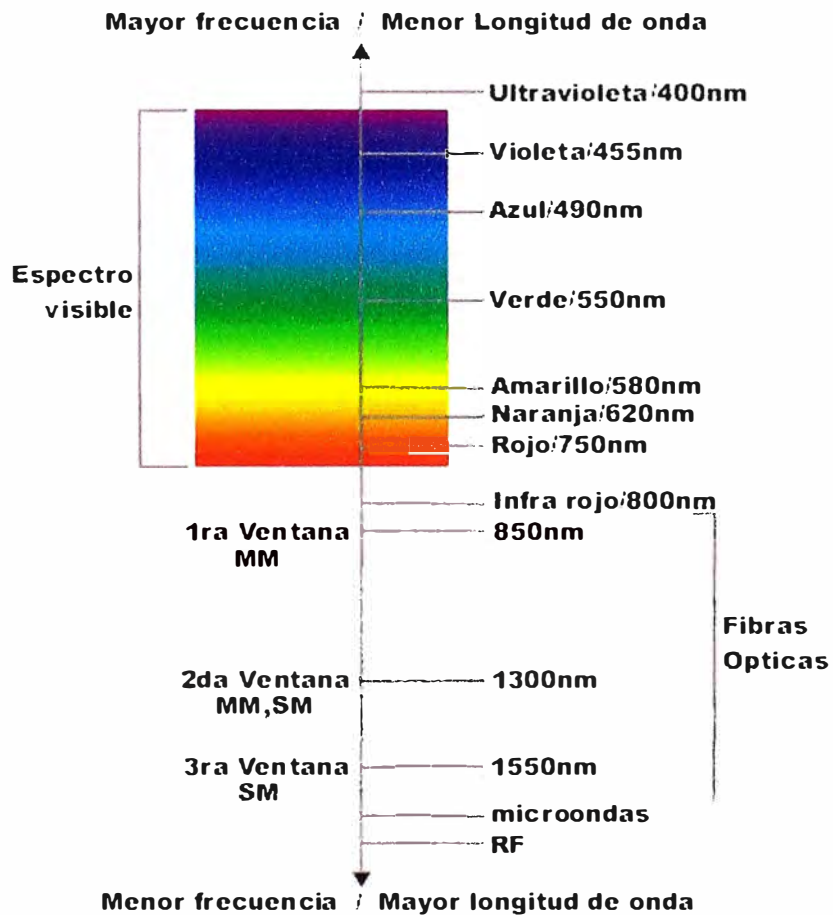


Fig 2.3.- Ventanas de la Fibras ópticas

Para la transmisión óptica se trabaja en las tres bandas de frecuencia marcadas en la figura anterior, y que se conocen con el nombre de ventanas:

- Primera ventana (1ra V) 800 a 900 nm (utilizada = 850nm).
- Segunda ventana (2da V) 1250 a 1350 nm (utilizada = 1310nm).
- Tercera ventana (3ra V) 1500 a 1600 nm (utilizada = 1550nm) (Schnitzler, 2013).

La determinación de la utilización de una ventana dependerá de las características de la fibra óptica y el fin del proyecto.

2.2.1 Fenómenos asociados a la Propagación Óptica

a) Reflexión de la Luz

“La reflexión de la luz ocurre cuando las ondas electromagnéticas se topan con una superficie que no absorbe la energía radiante” (Sirlin, 2006, pág. 3).

La onda, llamada **rayo incidente** se refleja produciendo un haz de luz, denominado **rayo reflejado**. “En el punto de incidencia el rayo incidente, el rayo reflejado y la perpendicular a la superficie límite se encuentran en el mismo plano. El rayo incidente y el rayo reflejado poseen iguales ángulos en relación con la perpendicular y se encuentran sobre lados opuestos de ella”. (Sirlin, 2006, pág. 3)

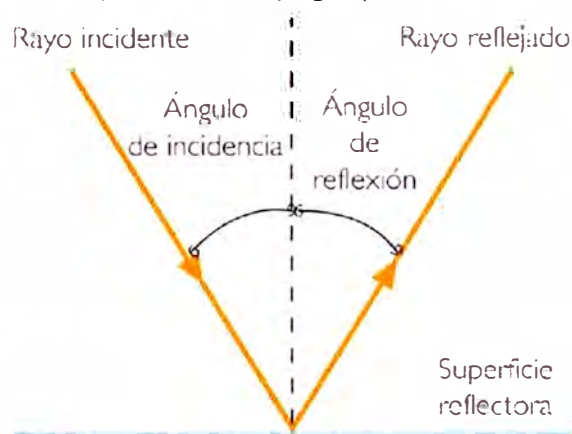


Fig 2.4.-Reflexión de la luz(Superficie lisa).

Si la superficie fuese rugosa la reflexión será difusa.

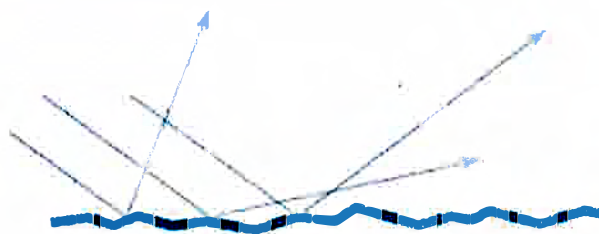


Fig 2.5.-Reflexión de la luz(Superficie rugosa).

b) Índice de Refracción

“En el vacío, las ondas de luz se propagan a una velocidad $C = 3 \times 10^8$ m/s. En cualquier otro medio, su velocidad es menor y está dada por:” (Belleza, 2008, pág. 3)

$$v = C / n \quad (2.2)$$

“Donde “n” es el índice de refracción del medio. El índice de refracción de un medio se define como la proporción de la velocidad de la luz en el vacío a su velocidad en dicho medio”: (Belleza, 2008, pág. 3)

$$n = C / v \quad (2.3)$$

“Un rayo de luz se propaga más lentamente en un medio denso ópticamente que en uno menos denso. El índice de refracción proporciona una medida de este efecto. El índice de refracción para el aire es 1 y otras”: (Belleza, 2008, pág. 3)

Medio	Índice (n)
Vacío	1
Aire	1,00029
Alcohol etílico	1,36
Cuarzo fundido	1,46
Vidrio típico	1,52
Diamante	2,42

Fig 2.6.-Tabla de índices de refracción.

c) Refracción de la Luz

“Cuando la luz pasa de un medio transparente a otro de diferente densidad se produce un cambio en su dirección debido a la distinta velocidad de propagación que tiene la luz en los diferentes medios materiales” (Sirlin, 2006, pág. 3)

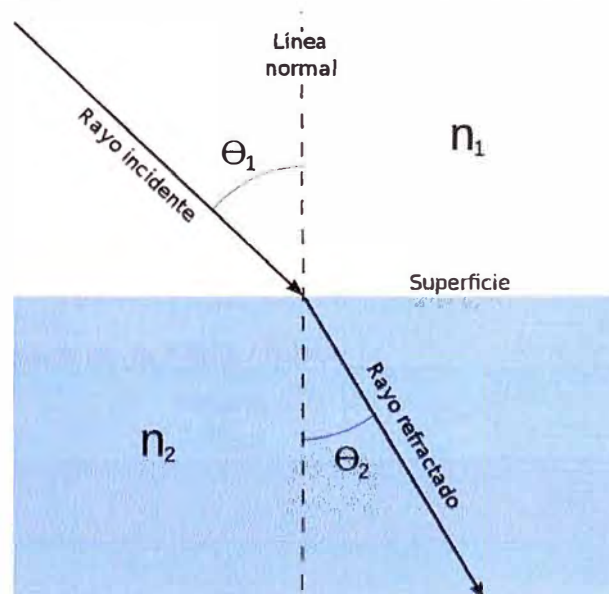


Fig 2.7.-Refracción de la Luz.

Como los medios son diferentes $n_1 \neq n_2$ entonces $\theta_1 \neq \theta_2$

d) Ley de Snell

Considerando dos medios con diferentes índices de refracción $n_1 > n_2$, entonces se tienen:

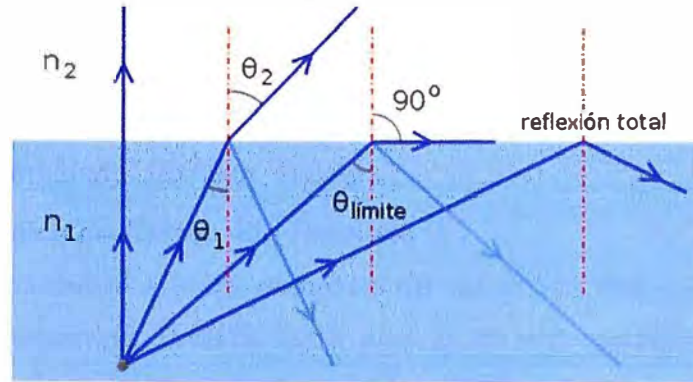


Fig 2.8.-Cambio de dirección del rayo al cambio de índices de refracción.

En la figura anterior se visualizan los tres rayos: el incidente, el reflejado y el refractado, de los cuales los dos primeros en un medio de índice n_1 y el último en un medio de índice n_2 . Entonces se obtiene la **Ley de Snell** (Belleza, 2008):

$$n_1 \text{sen}(\theta_1) = n_2 \text{sen}(\theta_2) \quad (2.4)$$

Partiendo de la ecuación 2.4, se puede deducir que cuanto mayor sea n_1 con respecto a n_2 , el ángulo de refracción será mayor que el ángulo de incidencia. Ahora en el caso que cuando el ángulo de refracción es de 90° entonces la dirección del rayo refractado será paralelo al límite entre los dos medios (en la frontera), además el ángulo del rayo de incidencia es menor de 90° . Entonces estando en el caso anterior al ángulo de incidencia se le denomina **Ángulo Crítico** (ϕ_c), por lo tanto la ecuación 2.4 (Ley de Snell), el valor del Ángulo Crítico quedará así (Belleza, 2008):

$$\text{Sen}(\phi_c) = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.5)$$

Ahora suponiendo el caso de que si el ángulo del rayo de incidencia es mayor que el ángulo crítico entonces el rayo será reflejado totalmente y se mantendrá dentro del medio de origen (n_1). Entonces a este caso se le denomina **Reflexión Interna Total** (Belleza, 2008).

2.2.2 Propagación Óptica en la Fibra Óptica

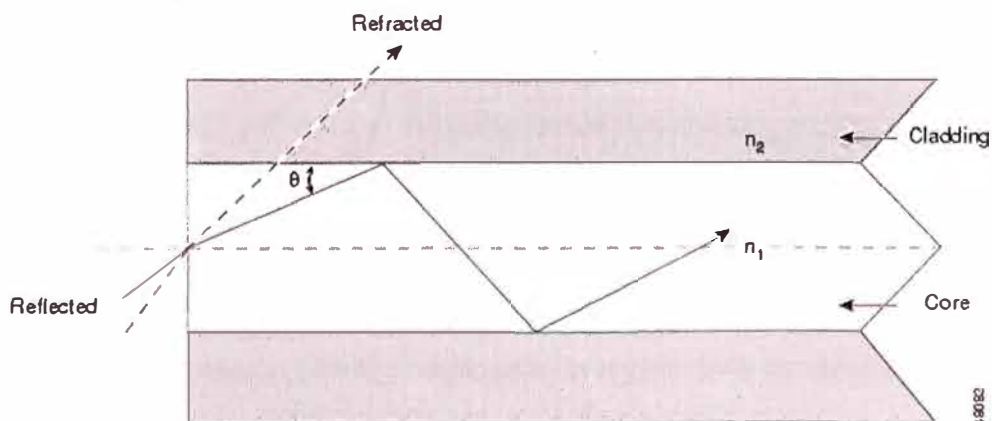


Fig 2.9.-Transmisión de la Luz en una Fibra Óptica.

De la figura anterior es la estructura de una fibra óptica conformado por dos cilindros, el primer cilindro con un índice de refracción " n_1 " (vidrio) que se le llamará "núcleo" y el segundo cilindro cubriendo por completo al primero con índice de refracción " n_2 " que se le llamará "revestimiento" (Belleza, 2008).

a) Diferencia de Índice de Refracción Relativa (Δ)

"Es la diferencia relativa entre el índice de refracción del núcleo y el índice de refracción del revestimiento". (Belleza, 2008, pág. 7). Es expresada así:

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2}$$

$$\Delta \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1} \times 100\%; \text{ Si } \Delta \ll 1 \quad (2.6)$$

b) Ángulo de Aceptancia

Teniendo en cuenta las consideraciones del ángulo crítico para la reflexión total; observando la figura 2.10 se observa que un rayo "A" incide al núcleo de una fibra con un ángulo $\theta = \theta_A$ respecto al eje de la fibra, es refractada en el límite aire-núcleo y luego transmitida a la interface núcleo-revestimiento con un ángulo igual al ángulo crítico ϕ_c . Por lo tanto, cualquier rayo que incida en el núcleo con un ángulo mayor que $\theta = \theta_A$ será transmitido a la interface núcleo-revestimiento con un ángulo menor que ϕ_c , y no será reflejada totalmente como el rayo "B". Por lo tanto, $\theta = \theta_A$ es el ángulo máximo con respecto al eje de la fibra con el cual un rayo de luz puede incidir sobre la superficie frontal de la fibra para que sea propagada por reflexión interna total dentro del núcleo. A este ángulo se le denomina **Ángulo de Aceptancia**. (Belleza, 2008)

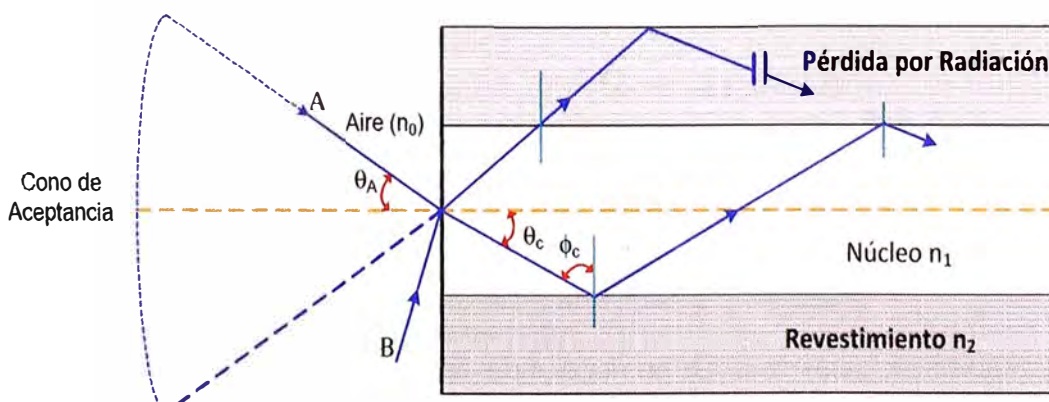


Fig 2.10.- Ángulo de Aceptancia.

c) Apertura Numérica

En la figura anterior visualizamos el rayo A que ingresa al núcleo de la fibra con un ángulo igual al de aceptación ($\theta = \theta_A$), aplicando la ley de Snell se obtiene:

$$n_0 \text{sen}(\theta_a) = n_1 \text{sen}\left(\frac{\pi}{2} - \phi_c\right)$$

Aplicando el complemento trigonométrico del ángulo llegamos a:

$$n_0 \text{sen}(\theta_a) = n_1 \text{cos}(\phi_c)$$

De la ecuación anterior hacemos uso de la identidad trigonométrica ($\text{sen}^2(\phi_c) + \text{cos}^2(\phi_c) = 1$), entonces:

$$n_0 \text{sen}(\theta_a) = n_1 \sqrt{1 + \text{sen}^2(\phi_c)}$$

Reemplazamos el ángulo crítico en la ecuación anterior ($\text{Sen}(\phi_c) = \frac{n_2}{n_1}$), se obtendrá:

$$NA = n_0 \text{sen}(\theta_a) = \sqrt{n_1^2 + n_2^2} \tag{2.7}$$

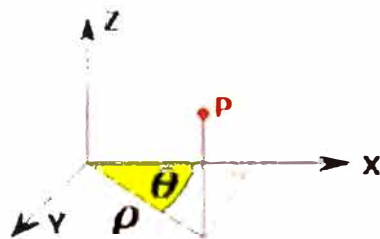
Al resultado anterior se le llamará **Apertura Numérica (NA)**. La NA también puede expresarse en función de la diferencia relativa de índices de refracción Δ (Sendra Sendra J. , 1999).

$$NA = n_1 \sqrt{2\Delta} \tag{2.8}$$

d) Modos de Propagación

Así en el caso de una guía de ondas plana, la ecuación de ondas se resuelve en coordenadas cartesianas x, y, z, para una guía de ondas cilíndrica (forma geométrica de la fibra óptica) es conveniente usar el sistema de coordenadas cilíndricas(p, θ y z) (Sanchis Kilders , 2008)

COORDENADAS CILINDRICAS



$$\begin{aligned} x &= \rho \cos \theta \\ y &= \rho \sin \theta \\ z &= z \\ \rho &= \sqrt{x^2 + y^2} \\ \theta &= \arctan \frac{y}{x} \end{aligned}$$

Coordenadas Cilíndricas	Coordenadas Cartesianas
(ρ, θ, z)	(x, y, z)

Fig 2.11.-Coordenadas cilíndricas y la relación con las coodenadas cartesianas.

Los campos eléctricos y magnéticos en función de las coordenadas cilíndricas son:

$$\begin{aligned} \vec{E} &= \vec{E}(r, \theta) e^{i(\beta z - \omega t)} = \vec{E}(r) e^{i(l\theta + \beta z - \omega t)} \\ \vec{H} &= \vec{H}(r, \theta) e^{i(\beta z - \omega t)} = \vec{H}(r) e^{i(l\theta + \beta z - \omega t)} \end{aligned}$$

Donde el número entero L describe la dependencia azimutal del campo y β es la constante de propagación. Para resolver el problema se utiliza la misma técnica utilizada en las guías planas, es decir, debemos obtener las ecuaciones que satisface el campo en

las regiones del núcleo y del recubrimiento, aplicar las condiciones de contorno y como consecuencia obtener los valores permitidos de l y β . (Sanchis Kilders , 2008, pág. 20)

La ecuación de ondas en el sistema de coordenadas cilíndrico será (radio núcleo= a):

$$\frac{d^2 E}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dE}{dr} + (k_0^2 n_{r1}^2 - \beta^2 - \frac{l^2}{r^2}) E = 0 \dots r \leq a$$

$$\frac{d^2 E}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dE}{dr} + (k_0^2 n_{r2}^2 - \beta^2 - \frac{l^2}{r^2}) E = 0 \dots r > a$$

Se definen los parámetros:

$$u^2 = (k_0^2 n_{r1}^2 - \beta^2) a^2$$

$$\gamma^2 = (\beta^2 - k_0^2 n_{r2}^2) a^2$$

Entonces:

$$V = \sqrt{(u^2 + \gamma^2)} = k_0 a \sqrt{(n_{r1}^2 - n_{r2}^2)} = \frac{2\pi a}{\lambda} (NA) \quad (2.9)$$

El parámetro V (valor adimensional) es llamado parámetro de frecuencia normalizada y determina el número de modos que se pueden propagar en una fibra óptica. Este parámetro se puede expresar en función del diámetro, $d=2a$. (Sanchis Kilders , 2008)

$$V = \frac{\pi d}{\lambda} \sqrt{(n_{r1}^2 - n_{r2}^2)} = \frac{\pi d}{\lambda} (NA) \quad (2.10)$$

Con un valor de **$V=2,405$** es la condición de corte para la cual se propaga un único modo (modo de orden cero). Luego el máximo radio del núcleo de la fibra óptica para que se propague un solo modo por ella, es decir, que la fibra sea monomodo será: (Sanchis Kilders , 2008, pág. 21)

$$a = \frac{d}{2} = \frac{2,405\lambda}{2\pi(NA)} \quad (2.11)$$

Siempre que se cumpla la condición **$V \leq 2,405$** , la fibra óptica será monomodo (se propagará en ella un único modo). Por otro lado el número de modos para una fibra de gran diámetro viene dado aproximadamente por la siguiente expresión: (Sanchis Kilders , 2008, pág. 21)

$$N \cong \frac{a^2}{2} \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 (NA)^2 \quad (2.12)$$

$$N = \frac{g}{2(g+2)} V^2 \quad (2.13)$$

Donde:

V : Es el parámetro de frecuencia normalizada.

g : Representa el perfil del índice de refracción del núcleo.

a : Es el radio del núcleo.

λ : Es la longitud de onda del rayo luminoso

Todos los rayos (modos) que se propagan dentro de una fibra óptica pueden ser divididos en dos categorías: Los rayos meridionales son los que cruzan por una línea imaginaria que marca el centro de la fibra; mientras que los rayos oblicuos se propagan sin cruzar el eje central de la fibra. Hasta ahora, únicamente hemos visto el caso de rayos meridionales. Estos rayos tienen únicamente dos componentes- radial y axial y pueden componerse a partir de únicamente modos naturales transversales TE y TM. (Sanchis Kilders , 2008, págs. 22-23)

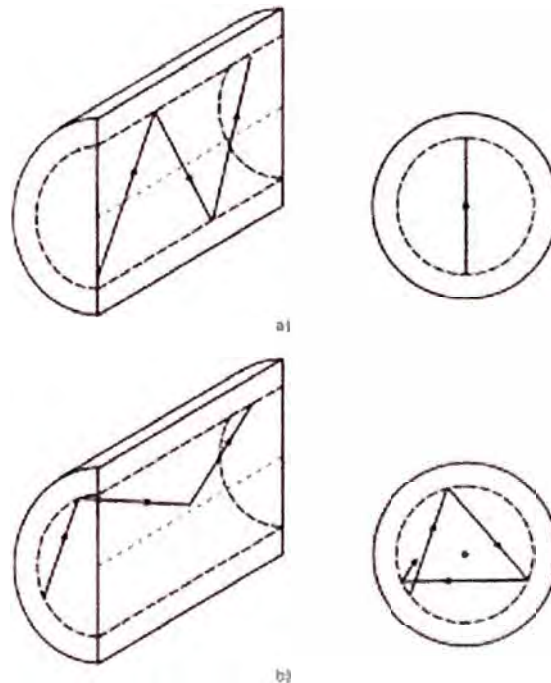


Fig 2.12.-Rayos meridionales y oblicuos. (a) Trayectoria de un rayo meridional en la fibra: secciones longitudinal (izquierda) y transversal (derecha); (b) Trayectoria de un rayo oblicuo en la fibra: secciones longitudinal (izquierda) y transversal(derecha)

En las fibras ópticas el perfil de índice de refracción del núcleo se define según la forma en que varía su índice de refracción con respecto al centro de la fibra óptica. Existen dos tipos de fibras según su perfil de índice de refracción: **Fibras de Índice Escalón y fibras de Índice Gradual** (Belleza, 2008).

- **Índice Escalón:** Las fibras ópticas con este tipo de índice son las que tienen un valor constante " n_1 " a lo largo del diámetro del núcleo y disminuye abruptamente hasta el valor de " n_2 " del revestimiento. En resumen el perfil tiene esta forma: (Belleza, 2008)

$$n(r) = \begin{cases} n_1; r < a(\text{nucleo}) \\ n_2; r \geq a(\text{envoltura}) \end{cases}$$

El número de modos en una fibra óptica con índice escalón es dependiente del valor de V . Entonces el número de modos permitidos en una fibra se aproxima con la siguiente expresión: (Sendra Sendra J. , 1999)

$$M_s = \frac{V^2}{2} \quad (2.14)$$

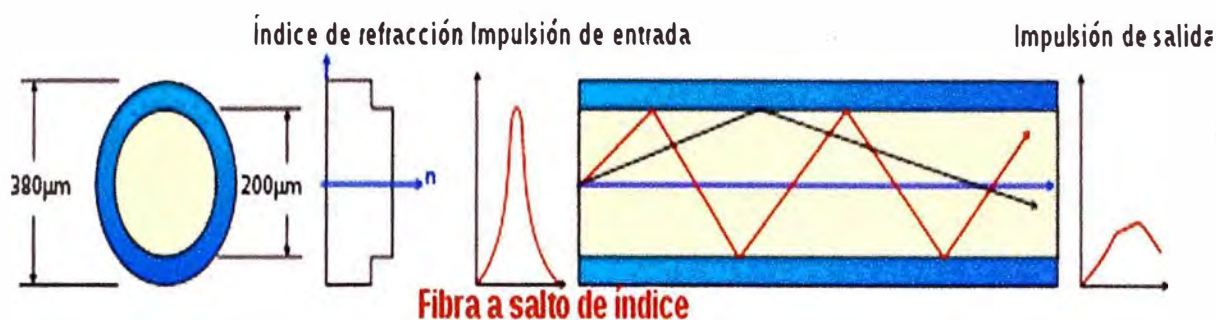


Fig 2.13a .-Perfil de Índice de Refracción y Modos transmitidos en las fibras de Índice Escalon: Fibra abrupta multimodo.

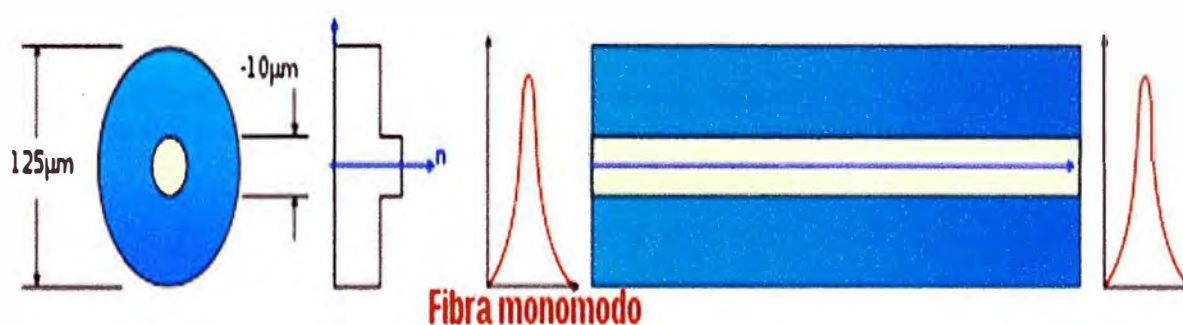


Fig 2.13b .-Perfil de Índice de Refracción y Modos transmitidos en las fibras de Índice Escalon:Fibra abrupta monomodo.

- **Índice Gradual:** Las fibras ópticas de índice gradual va decreciendo desde el eje de la fibra hasta que alcanza el valor del índice de la envoltura a lo largo del radio del núcleo y puede ser representado como: (Sendra Sendra J. , 1999)

$$n(r) = \begin{cases} n_1(1 - 2\Delta(r/a)^\alpha)^2; & r < a(\text{nucleo}) \\ n_1(1 - 2\Delta)^2 = n_2; & r \geq a(\text{envoltura}) \end{cases} \quad (2.15)$$

Donde:

Δ : Es la diferencia relativa de índices de refracción

α : Es el parámetro que conforma el perfil característico de índice del núcleo.

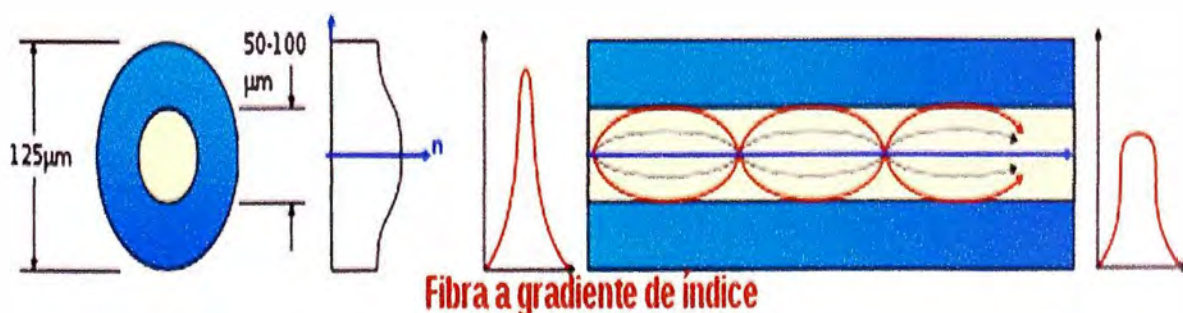


Fig 2.14.-Perfil de Índices de refracción y transmisión de rayos en una fibra óptica de perfil parabólico.

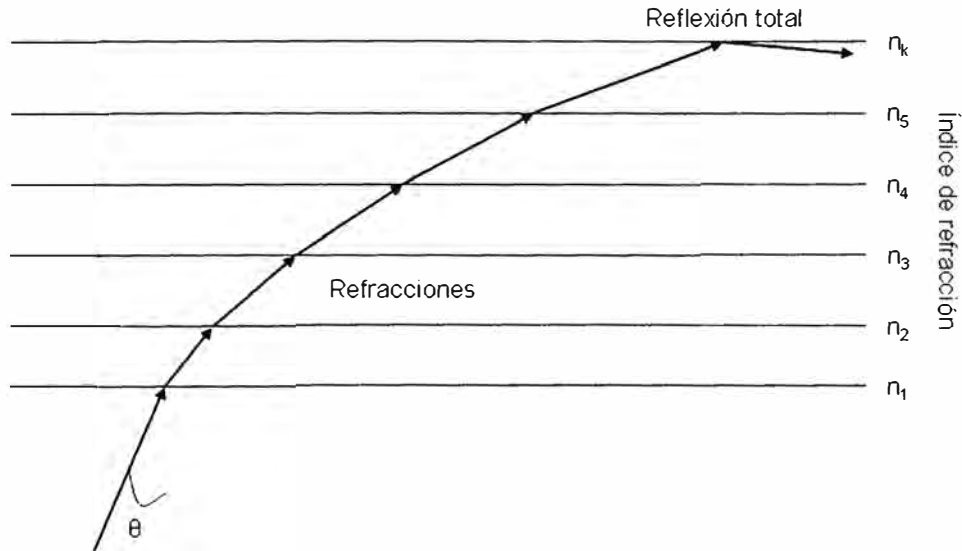


Fig 2.15.-Diagrama de rayos expandido que nos muestra en lugar de una variación continua del índice de refracción una variación escalonada que es la que produce la curvatura de los rayos.

La trayectoria de los rayos se va curvando gradualmente al pasar de un índice de refracción menor hasta tal punto que se produce la reflexión total volviendo así al eje de la fibra óptica. El número de modos que puede transmitirse en una fibra con índice gradual se calculará de la forma: (Sendra Sendra J. , 1999)

$$M_g \approx \left(\frac{\alpha}{\alpha+2}\right)(n_1ka)^2 \Delta \quad (2.16)$$

Reemplazamos la ecuación 2.9 en la ecuación 2.16, tendremos:

$$M_g \approx \left(\frac{\alpha}{\alpha+2}\right)\left(\frac{V^2}{2}\right) = \left(\frac{\alpha}{\alpha+2}\right)M_s \quad (2.17)$$

Sabemos que por los números de modos podemos determinar el tipo de fibra óptica: **Fibras Monomodo y Fibras Multimodo**. En las fibras multimodo admiten varios modos de propagación y para ello la Frecuencia Normalizada (V) debe cumplir: (Sendra Sendra J. , 1999)

$$V > 2.405 \quad (2.18)$$

También se puede determinar el número de modos según el tipo de índice de refracción es: (Sendra Sendra J. , 1999)

$$N = \frac{V^2}{2} \dots \text{para fibras con índice escalón } (g=\infty)$$

$$N = \frac{V^2}{4} \dots \text{para fibras con índice escalón } (g=2)$$

En las fibras monomodo admite un modo de propagación y para ello la Frecuencia Normalizada (V) debe cumplir (Sendra Sendra J. , 1999):

$$0 \leq V < 2.405 \quad (2.19)$$

Podrá notarse que el comportamiento monomodo se logra ajustando el parámetro V dentro del rango anterior, disminuyendo el radio "a" del núcleo o la diferencia de índice de refracción Δ (Sendra Sendra J. , 1999).

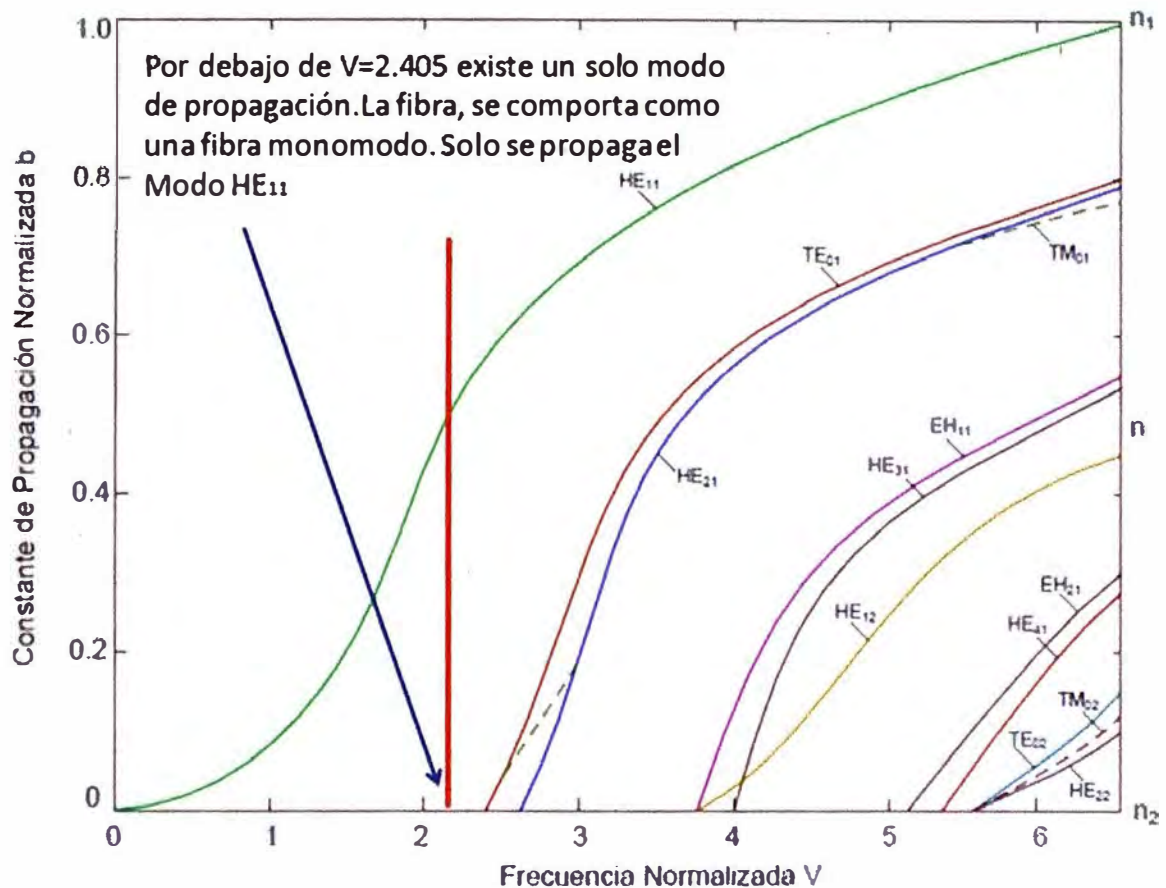


Fig 2.16.-Constante de Propagación Normalizada b como una función de la frecuencia normalizada V para algunos modos de fibra de orden inferior.

e) Longitud de Onda de Corte

Son las que especifican a las fibras ópticas como fibra monomodo ($\lambda > \lambda_c$) y está definida como: (Belleza, 2008)

$$\lambda_c = \frac{2\pi a n_1}{2.405} \sqrt{2\Delta} \quad (2.20)$$

f) Atenuación

Define el valor de la potencia de la luz que se atenuará al propagarse por una fibra óptica. Esta característica está medida en decibelios y se expresa en decibelios por unidad de longitud, también se define entre la relación de la entrada de la fibra P_i y la potencia óptica a la salida P_o , de la siguiente manera: (Belleza, 2008)

$$\text{Número de Decibelios (dB)} = 10 \log_{10} \frac{P_i}{P_o} \quad (2.21)$$

$$\alpha_{dB} = \frac{10}{L} \log_{10} \frac{P_i}{P_o} \text{ (dB/Km)} \quad (2.22)$$

Donde:

α_{dB} : Atenuación por unidad de longitud o Coeficiente de Atenuación.

L : Longitud de la fibra (expresada en Km).

P_i : Potencia de entrada a la fibra óptica.

P_o : Potencia de salida a la fibra óptica.

O también se puede expresar de otra forma; se sabe que en una línea de transmisión de potencia es una función de cierto tramo L de la fibra óptica: (Belleza, 2008)

$$P(L) = P(0)e^{-\alpha L} \quad (2.23)$$

Donde:

$P_i = P(0)$: Potencia de entrada a la fibra óptica.

$P_o = P(L)$: Potencia de salida a la fibra óptica.

Entonces:

$$\alpha_{dB} = \frac{10}{L} \text{Log}_{10} \frac{P_i}{P_o} = \frac{10}{L} \text{Log}_{10} \frac{P(0)}{P(L)} \quad (2.24)$$

Reemplazando (1.23) en (1.24):

$$\begin{aligned} \alpha_{dB} &= \frac{10}{L} \text{Log}_{10} \frac{P(0)}{P(0)e^{-\alpha L}} = \frac{10}{L} \text{Log}_{10} e^{\alpha L} = \frac{10}{L} (\alpha L) \text{Log}_{10} e \\ \alpha_{dB} &= 10\alpha \overbrace{\text{Log}_{10} e}^{\cong 0.4343} \Rightarrow \alpha_{dB} \cong 4.343\alpha \end{aligned} \quad (2.25)$$

Factores de Atenuación

Los factores de atenuación se clasifican en:

i) Factores Intrínsecos

Que dependen de la composición de la fibra óptica: absorción, dispersión de RAYLEIGH e imperfecciones estructurales.

i.1) Absorción intrínseca

Es la pérdida en forma de calor causada por absorción de luz mientras ésta es transmitida a través de la fibra óptica.

Absorción Ultravioleta.- Producido en el silicio a causa de los electrones de valencia en dicho material. Los electrones de valencia son ionizados por la luz de la fuente y son trasladados a la capa de conducción ocasionando así pérdidas en la transmisión. (Tomasi, 2003, pág. 444)

$$A_{ultravioleta} = \left(\frac{154x}{44.6x + 60} \right) 10^{-2} e^{\frac{4.63}{\lambda}} \quad (2.26)$$

“La concentración de GeO_2 (componente que se coloca para variar el índice de refracción) se expresa como x ”. (The McGraw- Hill Companies, 2005, pág. 10)

Absorción Infrarroja.- Resulta de la absorción de los átomos de todas las moléculas del vidrio. A causa de la absorción se genera un calentamiento de los fotones producidas por las vibraciones mecánicas aleatorias. (Tomasi, 2003, pág. 444)

$$A_{\text{infrarrojo}} = (7.8)10^{11} e^{\frac{-48.5}{\lambda}} \quad (2.27)$$

Absorción por Resonancia de Iones.- Causada por la absorción de iones OH^- de las moléculas del agua e introducidas al vidrio al momento de la fabricación de la fibra óptica; también existen otras moléculas que se introducen al momento de la fabricación (cromo, cobre y hierro). (Tomasi, 2003, pág. 444)

i.2) Pérdida por Dispersión de Rayleigh

Consiste en el proceso de fabricación de la fibra, es decir cuando la fibra es su estado final presenta no homogeneidades. Cuando los rayos de luz choca con estas impurezas produciendo una difracción. La luz difractada durante su recorrido en la fibra una parte se escapa por el revestimiento dando como resultado una disminución de potencia. Este fenómeno se denomina dispersión de RAYLEIGH (Tomasi, 2003, pág. 444).

La dispersión de RAYLEIGH por lo tanto ocasiona pérdidas, las cuales son inversamente proporcionales a la longitud de onda de la luz transmitida y puede ser expresada como:

$$\alpha_R = \frac{C}{\lambda^4} \quad (2.28)$$

“Donde C está en el rango de $0.7 \sim 0.9 \text{ (dB/Km)}-\mu m^4$, dependiendo de los materiales constituyentes del núcleo de la fibra”. (Belleza, 2008, pág. 4)

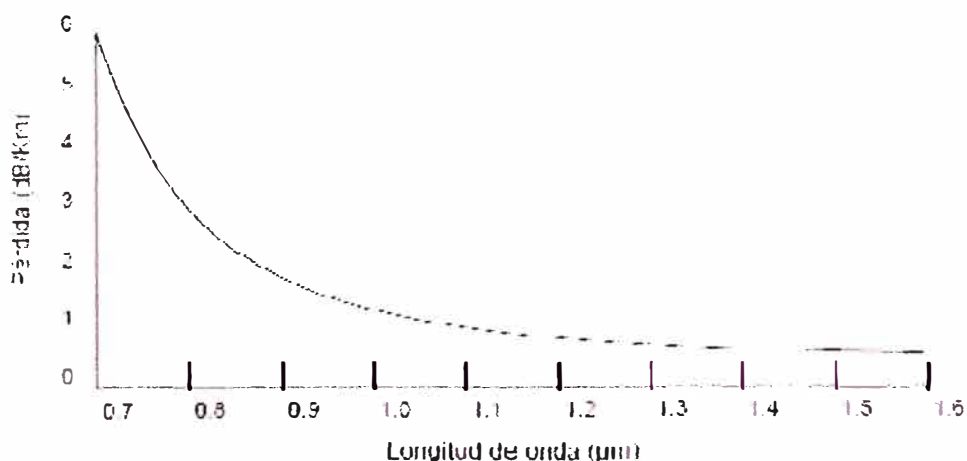


Fig 2.17.-Pérdida por Dispersión de Rayleigh

i.3) Pérdida por Dispersión Debida a Imperfecciones Estructurales

Consiste a las irregularidades geométricas de la fibra (concavidades y convexidades) existentes entre núcleo y el revestimiento provocando la difracción de la luz y parte de esta es radiada al exterior (Belleza, 2008).

ii) Factores Extrínsecos

Originadas por causa de los empalmes, curvaturas, pérdidas por acoplamiento, impurezas y micro curvaturas.

ii.1) Pérdida por Impurezas

Es a causa de las impurezas durante la fabricación de las fibras ópticas, generando una atenuación por la absorción de los materiales no deseados. Algunas de las impurezas más típicas son: (Sendra Sendra J. R., 1999)

	Pico de absorción (nm)	Atenuación (dB/Km)
Cr^{3+}	625	1.6
C^{2+}	685	0.1
Cu^{2+}	850	1.1
Fe^{2+}	1100	0.68
Fe^{3+}	400	0.15
Ni^{2+}	650	0.1
Mn^{3+}	460	0.2
V^{4+}	725	2.7

Fig 2.18.-Perdidas por absorción causadas por impurezas metálicas ionizadas.

También el problema es causado por el agua (ión OH^-) disuelta en el vidrio, ligado a la estructura del vidrio y presenta picos de absorción por vibración. Como todos son picos son bastante abruptos aparecen valles entre los picos en la zona de $1.3 \mu m$ y $1.55 \mu m$ donde la atenuación se reduce (Sendra Sendra J. R., 1999).

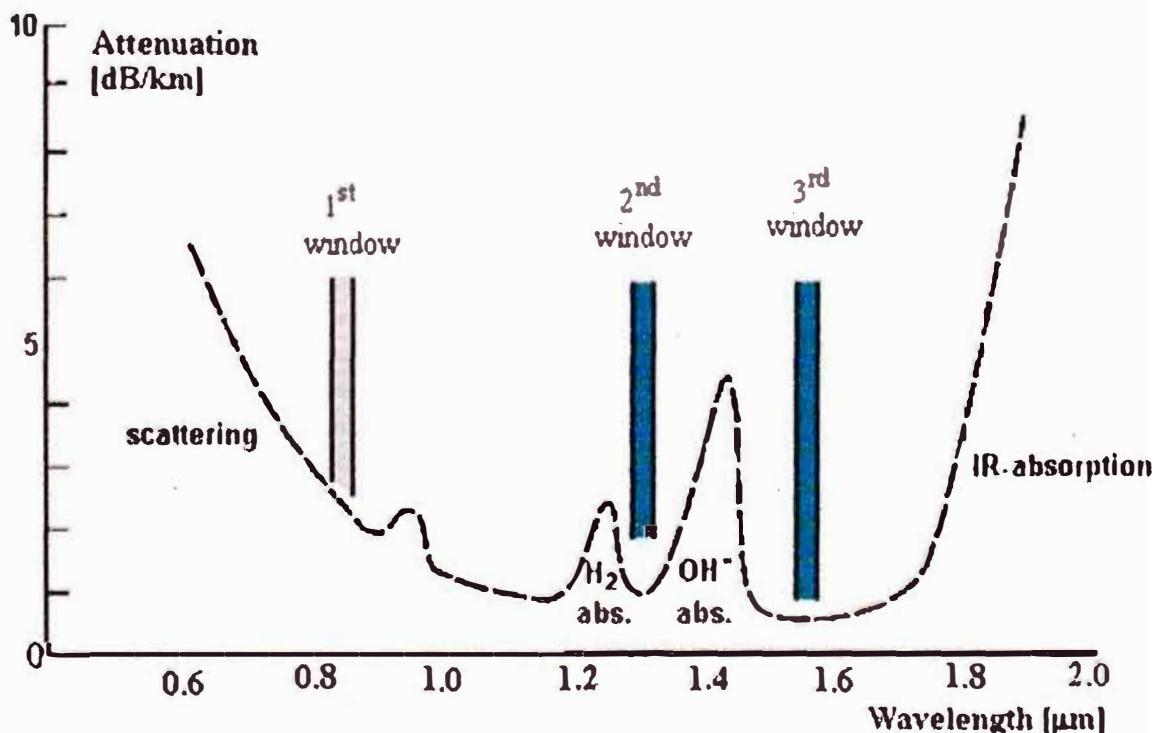


Fig 2.19.-Atenuación en una fibra óptica.

ii.2) Pérdida por Curvaturas

En una curvatura existente en una fibra óptica, la luz radiada hacia el exterior de la fibra óptica entró en un ángulo menor al ángulo crítico a la superficie límite entre el núcleo y el revestimiento produciendo pérdidas. (Belleza, 2008, pág. 4). Esta pérdida puede ser representada numéricamente según un coeficiente de atenuación dado por:

$$\alpha_c = A \left(\frac{\gamma^3}{R} \right)^{\frac{1}{2}} e^{\frac{-8R}{3\sqrt{2}\gamma^3}} \wedge \gamma = (\beta_0^2 - n_1^2) \quad (2.29)$$

Donde:

R : Radio de curvatura.

n_1 : Índice de refracción del núcleo.

β_0 : Constante de propagación.

Para fibras multimodo el radio crítico viene dado por: (Sendra Sendra J. R., 1999)

$$R_c \approx \frac{3n_1^2 \lambda}{4\pi(n_1^2 - n_2^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (2.30)$$

Para fibras monomodo el radio crítico viene dado por: (Sendra Sendra J. R., 1999)

$$R_{cs} \approx \frac{20\lambda}{(n_1^2 - n_2^2)^{\frac{3}{2}}} \left(2.748 - 0.996 \frac{\lambda}{\lambda_c} \right)^{-3} \quad (2.31)$$

Donde:

λ_c : Longitud de onda de corte para dicha fibra monomodo.

ii.3) Pérdida por Microcurvaturas

“Es cuando después de la fabricación de la fibra óptica es aplicada presiones o fuerzas desiguales produciéndose una flexión en la fibra óptica (en valores de micrómetros)” (Belleza, 2008, pág. 5).



Fig 2.20.-Microcurvaturas en la fibra óptica.

ii.4) Pérdida por Empalme

Son pérdidas causadas por diferencias entre los núcleos o entre los ángulos de dos fibras conectadas. Los empalmes mecánicos tienen generalmente las mayores pérdidas

(0.2dB a 1dB). Los empalmes por fusión tienen pérdidas más bajas (0,07dB a 0,2dB). (Córdoba, 2003)

- Mala alineación lateral:

Consiste en el desplazamiento lateral o axial de dos fibras. La pérdida no es considerable cuando el alineamiento está en el rango de los 5 % del diámetro de la fibra (Córdoba, 2003, pág. 11).

- Mala alineación de la separación o separación de la extremidad:

Cuando se realiza un empalme las fibras deben tocarse. Cuanto más separadas estén las fibras, mayor será la pérdida de la luz. (Córdoba, 2003, pág. 11)

- Mala alineación angular o desplazamiento angular:

Una pérdida menor de 0,5 dB será posible si es menor que 2 el desplazamiento angular. (Córdoba, 2003, pág. 11)

- Acabado de superficie imperfecta:

Consiste en que las superficies de las fibras deben estar pulidas y encuadratura. Las pérdidas será menor de 0,5 dB siempre y cuando existan menos de 3° de la perpendicular entre las fibras. (Córdoba, 2003, pág. 11)

ii.5) Pérdida por Acoplamiento

Esta pérdida está relacionada con la Apertura numérica de la fibra óptica y la fuente de luz (Belleza, 2008). En resumen:

Distancia de superficie de frente	$0.5 < \frac{s}{R} < 1.0$ $0.2dB < a_s < 0.45dB$	
Desplazamiento del eje	$0.1 < \frac{\epsilon}{R} < 0.2$ $0.25dB < a_\epsilon < 0.65dB$	
Angulo de inclinación	$0.5^\circ < \varphi < 2^\circ$ $0.05dB < a_\varphi < 0.5dB$	
Error de ángulo	$0.2^\circ < \gamma < 2^\circ$ $0.01dB < a_\gamma < 0.2dB$	
Superficie	$0.2 < \frac{r'}{R} < 2.0$ $0.01dB < a_{r'} < 0.3dB$	

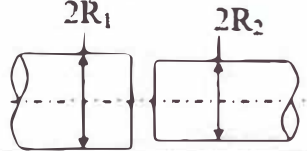


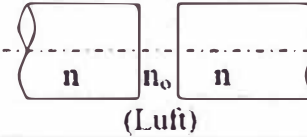
diámetro del núcleo	$\frac{\Delta R}{R} < 0.1$ $R = \frac{R_1 + R_2}{2}$ $a_R < 0.7dB$	
apertura numérica	$\frac{\Delta A_N}{A_N} < 0.05$ $a_{AN} < 0.4dB$	
Cilindrez	$\frac{C}{R} < 0.05$ $a_C < 0.1dB$	
Pérdidas por reflexiones de Fresnel	$0.3dB < a_F < 0.38dB$	

Fig 2.21.- Mecanismos de pérdida en las conexiones extrínsecos e intrínsecos

g) Dispersión

La dispersión es el factor que limita la tasa de datos ya que a los pulsos de luz se distorsionarían y ensancharían, solapándose unos con otros y haciéndose indistinguibles para el receptor (Sanchis Kilders , 2008).

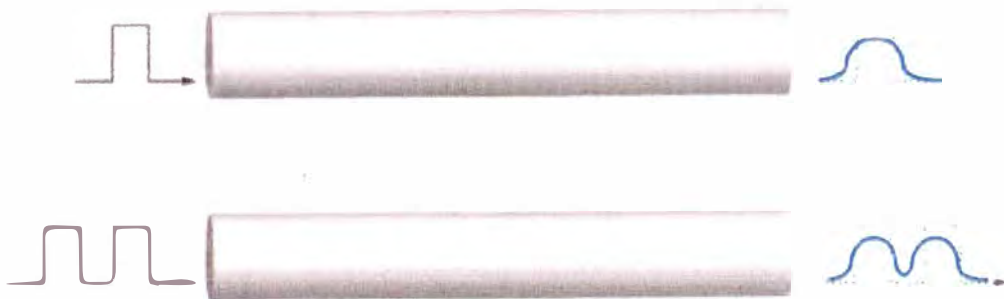


Fig 2.22.- Distorsión de los pulsos.

Puede dividirse en dos categorías: Dispersión cromática y Dispersión modal (también llamada dispersión multimodo).

i) Dispersión modal

En una fibra multimodo los diferentes modos que son enviados desde el transmisor tomarían caminos diferentes a lo largo de la fibra para llegar al final, resultando en el receptor un pulso ensanchado (Sanchis Kilders , 2008).

Calcularemos el tiempo de ensanchamiento del pulso. Sea un rayo que viaja según el eje necesitará un tiempo:

$$t_0 = \frac{L}{v} \quad (2.32)$$

Donde:

L: Longitud de la fibra óptica.

El rayo C de la siguiente figura necesitará un tiempo:

$$t_c = \frac{L}{v \cos(\alpha_c)} \quad (2.33)$$

Donde el ángulo α_c está relacionado con el ángulo crítico cumpliéndose que $\sin(\theta_c) = \cos(\alpha_c)$ y por tanto que $\cos(\alpha_c) = \frac{n_2}{n_1}$. En consecuencia, la anchura del pulso para el caso de dispersión modal será: (Sanchis Kilders , 2008)

$$\Delta t_{\text{modal}} = t_c - t_0 = \frac{n_1(n_1 - n_2)L}{n_2 \cdot c} \quad (2.34)$$

Donde:

n_1 : índice del núcleo.

n_2 : índice del recubrimiento.

L: longitud de la fibra.

c: Velocidad de la luz.

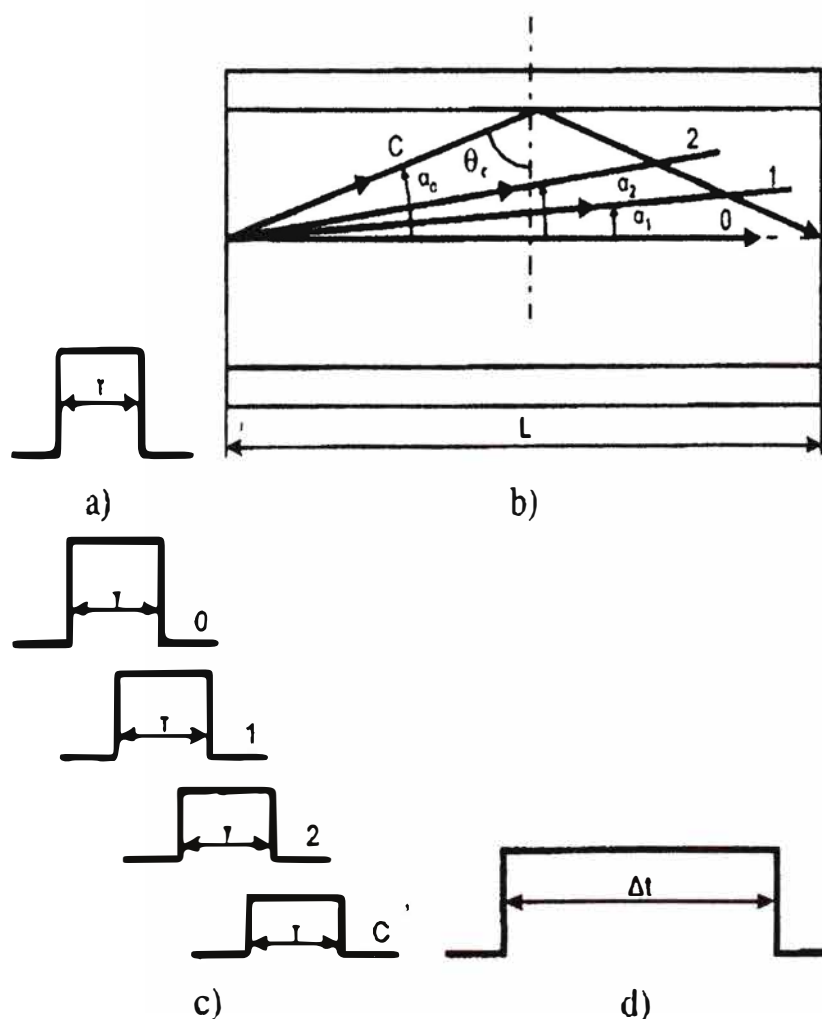


Fig 2.23.- Dispersión modal (a) Pulso original. (b) Modos en la fibra óptica. (c) Pulsos obtenidos considerando cada modo individualmente. (d) Pulso resultante.

En una longitud L de fibra multimodo del tipo índice escalón, el retardo temporal (entre el rayo axial y el rayo meridional extremo) está dado por” (Belleza, 2008, pág. 6):

$$\Delta T_m = \frac{Ln_1^2\Delta}{cn_2} \quad (2.35)$$

“Y para una fibra Multimodo de índice gradual (con perfil de índice de refracción casi parabólico)” (Belleza, 2008, pág. 7)

$$\Delta T_m = \frac{Ln_1\Delta^2}{8c} \quad (2.36)$$

“Podemos relacionar ΔT_m con la capacidad de transporte de información de la fibra a través de la velocidad de transmisión de bits B. Es claro que el intervalo de bit es mayor que ΔT ($T_b = 1/B$)” (Belleza, 2008, pág. 8). Así:

$$\Delta T_m B < 1 \quad (2.37)$$

En Fibra multimodo Índice Escalón:

$$BL < \frac{n_2 C}{n_1^2 \Delta} \quad (2.38)$$

En Fibra multimodo Índice Gradual:

$$BL < \frac{8C}{n_1 \Delta^2} \quad (2.39)$$

De las ecuaciones anteriores se puede ver que en el índice Escalón posee mayor dispersión que el de índice Gradual. Además sabemos que en las fibras monomodo no existe el problema de dispersión intermodal y la limitación de ancho de banda se debe solamente a los mecanismos de dispersión intramodal. (Belleza, 2008)

ii) Dispersión Intramodal o Cromática

Es causada por las propiedades dispersivas del material de la fibra (Dispersión de material) y por los efectos de guía de la estructura de la fibra (dispersión de guía de onda). (Belleza, 2008)

$$\Delta t_C = \Delta t_{material} + \Delta t_{GO} \quad (2.40)$$

- **Dispersión de Material:** Se debe a la diferente velocidad de propagación de las ondas a distintas longitudes de onda que componen una radiación de luz, se caracteriza por el Coeficiente de Dispersión del Material ($D(\lambda)$) expresado en (ps/Km.nm). (Belleza, 2008)

$$\Delta t_{material} = D(\lambda).L\Delta\lambda \quad (2.41)$$

Donde:

$\Delta\lambda$: Es la anchura espectral de la fuente luminosa (nm), es decir, la característica de cuantas longitudes de onda la fuente radia. Para láseres de modo multilongitudinal (MLM), usualmente Fabry - Perot, el valor es aproximadamente la mitad de la anchura a media altura. Para láseres de un solo modo longitudinal, usualmente láseres DFB, el valor viene dado por la anchura a -20 dB dividido por 6.07. (Vieites Freire, Implementación de un Sistema DWDM en la Red Interurbana de Fibra Optica de Telcel BellSouth y Evaluación Teórica de Equipos DWDM, 2003, págs. 161-162)

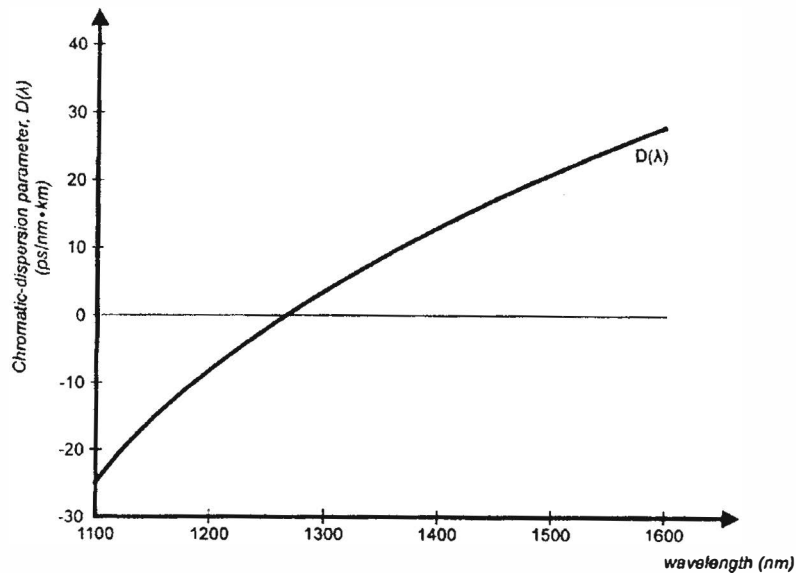


Fig 2.24.- Parámetro de dispersión cromática total.

- **Dispersión de Guía de Onda:** Analizando la inferior. El perfil de intensidad del modo $m=0$ en función de la posición a lo largo del diámetro de la fibra se muestra en la siguiente figura 2.25 (a). A partir de esta representación observamos que no toda la luz está contenida dentro del núcleo, la luz "se difunde" hacia el recubrimiento. Esta luz no se pierde, pues esta viaja como parte del modo $m=0$, pero dado que viaja en un material de índice de refracción menor, viaja más rápidamente que la luz que viaja por el núcleo. El grado de dispersión dependerá de la proporción de energía luminosa contenida en el recubrimiento: si sólo una pequeña cantidad de luz está presente en el recubrimiento el efecto conjunto sobre el perfil de pulso de salida de esta luz que llega antes que el pulso principal será pequeño (b). Si, sin embargo, es mucha la cantidad de luz que viaja por el recubrimiento esto afectará en gran manera al perfil del pulso de salida, obteniéndose una gran dispersión (c). (Sanchis Kilders , 2008, pág. 31)

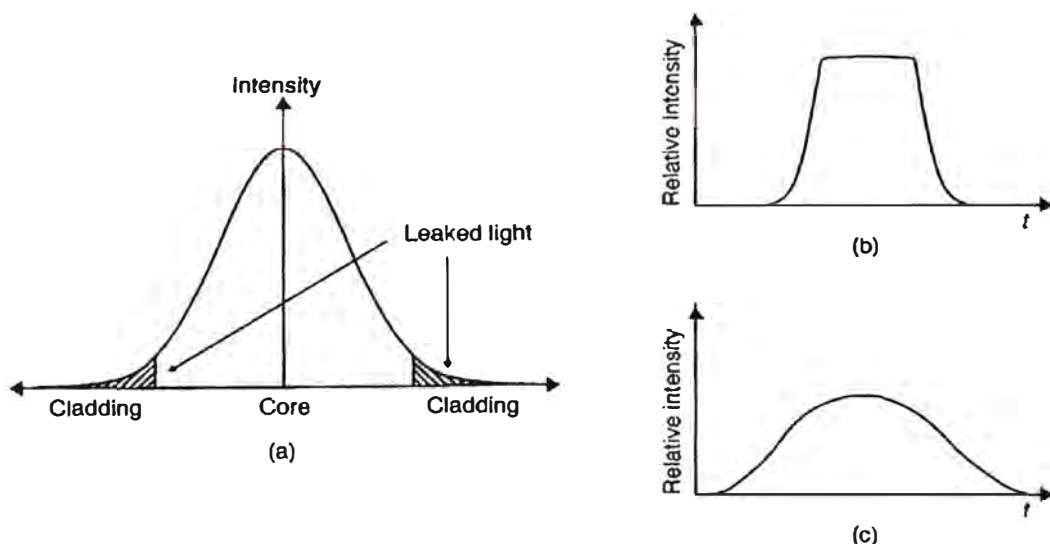


Fig 2.25.- (a) Perfil de intensidad del modo $m=0$ en la fibra. (b) Perfil del pulso de salida si poca luz viaja por el recubrimiento. (c) Perfil del pulso de salida si mucha luz viaja por el recubrimiento.

“La cantidad de luz que viaja en el recubrimiento depende del valor del parámetro V y cuando V se acerca a cero la dispersión se incrementa. La fórmula que nos da este tipo de dispersión es”: (Sanchis Kilders , 2008, pág. 32)

$$\Delta t_{GO} = - \left(\frac{n_{r2} \cdot L \cdot (n_{r1} - n_{r2}) \cdot \Delta \lambda}{n_{r1} \cdot c \cdot \lambda} \right) \cdot z \quad (2.42)$$

El valor de Z depende de V, se muestra la tabla de variación:

Tabla 2.1.- Valores de V y z

V	z
1.3	1
2.405	0.2
>3	Tiende a cero

En las fibras multimodo el valor de la dispersión de la guía de onda es despreciable, entonces Δt_{GO} es despreciable y en las fibras monomodo la dispersión modal es cero, entonces Δt_{modal} es cero (Sanchis Kilders , 2008). “El ensanchamiento total del pulso cuando se tienen ambos tipos de dispersión (modal y cromática) se suele calcular utilizando la siguiente fórmula” (Sanchis Kilders , 2008, pág. 32):

$$\Delta t_C = \sqrt{\Delta t_{modal}^2 + (\Delta t_{material} + \Delta t_{GO})^2} \quad (2.43)$$

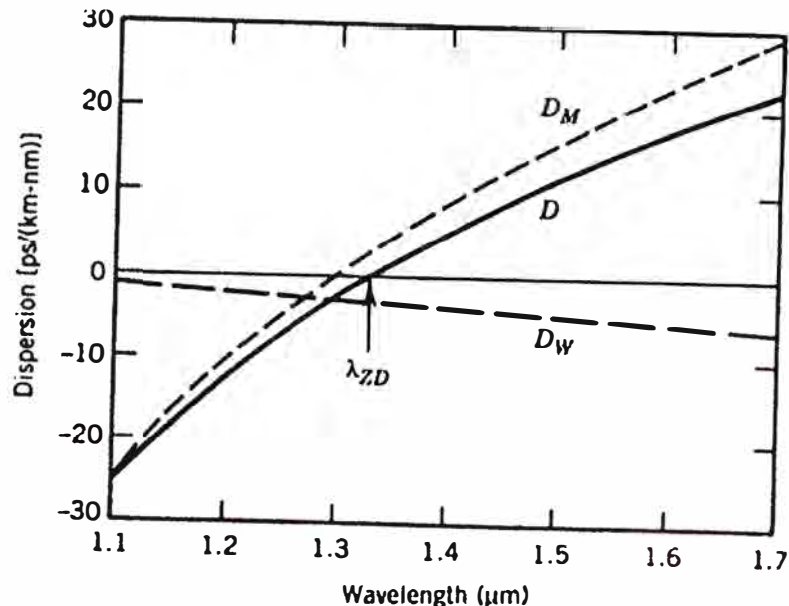


Fig 2.26.- Grafica de dispersión cromática.

iii) Dispersión de Modos de Polarización (PMD)

Es la que aparece en guías monomodo y se debe a que en realidad los modos transversales que aparecen en una guía monomodo en realidad se descomponen en dos modos lineales que se propagan generalmente de forma ortogonal por el núcleo de la fibra. Estos dos modos transportan la mitad de la energía cada uno y la dispersión aparece al haber una diferencia entre los índices de refracción de la guía en una

dirección (x, por ejemplo) y otra (y, por ejemplo). Es decir si la fibra no tiene una simetría axial perfecta con respecto a su índice de refracción, los dos modos se propagarán a diferente velocidad resultando al final de la guía un pulso luminoso más ancho. (Sanchis Kilders , 2008, págs. 32-33)

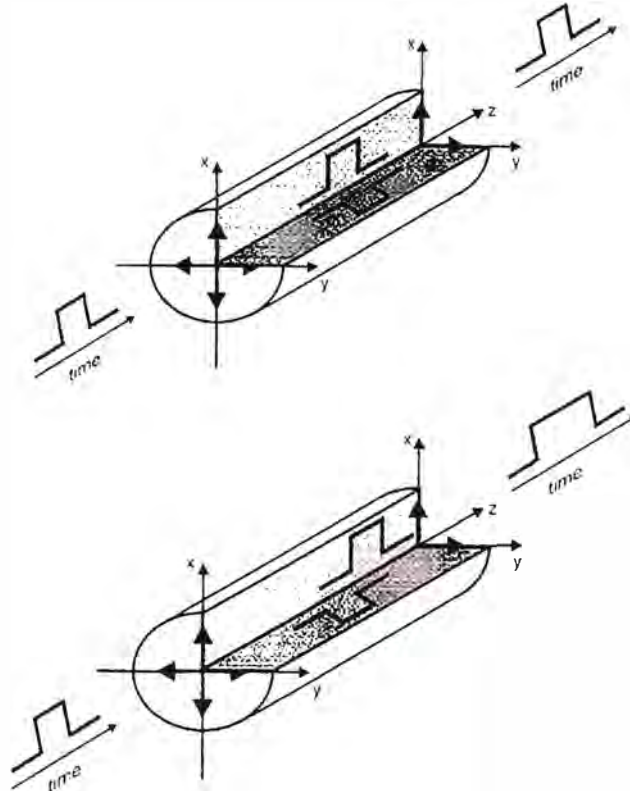


Fig 2.27.- Propagación de dos modos transversales ortogonales en una fibra monomodo ideal y Propagación de dos modos transversales ortogonales en una fibra monomodo real. Aparece la dispersión de modos de polarización (PMD).

El retraso producido por este tipo de dispersión es (Sanchis Kilders , 2008):

$$\Delta t_{PMD} = D_{PMD} \sqrt{L} \quad (2.44)$$

Entonces el ensanchamiento total debido a la dispersión cromática y a la PMD se define:

$$\Delta t_{fibra} = \sqrt{\Delta t_C^2 + \Delta t_{PMD}^2} \quad (2.45)$$

h) Efectos No Lineales

Adicionalmente a las limitaciones debidas a la dispersión y a la atenuación, la aparición de efectos no-lineales en fibras ópticas resulta en una de las mayores limitantes para sistemas DWDM. Hasta el momento, el índice de refracción de la fibra se ha asumido como independiente de la potencia óptica, en realidad todos los dieléctricos se comportan de una manera no lineal cuando existen potencias ópticas suficientemente grandes (campos electromagnéticos muy intensos) propagándose por ellos, haciendo que su índice de refracción aumente con la intensidad de la onda. (Fernández De Jáuregui Ruiz, 2012, pág. 55)

Esta dependencia del índice de refracción con la potencia de la onda ocasiona la aparición de tres efectos no lineales de gran importancia, los cuales son: SPM o Self Phase Modulation, XPM o Cross Phase Modulation y FWM o Four Wave Mixing. (Fernández De Jáuregui Ruiz, 2012, pág. 56)

i) SPM(Self Phase Modulation)

Como el índice de refracción depende de la intensidad óptica de la señal, la variación temporal de la intensidad óptica de la señal induce una modulación de la propia fase. Este efecto se denomina automodulación de fase (SPM, self phase modulation). El índice de refracción de la fibra puede expresarse por la fórmula:

$$n = n_0 + \frac{n_2}{A_{eff}} P$$

Por tanto:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \frac{n_2}{A_{eff}} \frac{\partial P}{\partial t} \quad (2.46)$$

Donde:

n_2 : El índice de refracción de la fibra en m^2 / W .

A_{eff} : Superficie efectiva de la fibra.

P : Potencia inyectada.

En sistemas de comunicaciones las variaciones del láser produce las variaciones de fase de la longitud de onda y el ensanchamiento de la señal por la automodulación de fase. Conforme la señal se propaga por la fibra óptica la señal se ensanchará a causa de la dispersión cromática. (UIT-T, 1996, pág. 19)

La minimización de SPM en fibras G.652(>1000km de longitud) es mediante la compensación de la dispersión y en fibras G.655 se logra operando a longitudes de onda mayores a la longitud de onda de dispersión cero o disminuyendo la potencia de transmisión. (UIT-T, 1996, pág. 20)

ii) XPM(Cross Phase Modulation)

En los sistemas multicanal, la modulación de fase cruzada (XPM) ensanchará gradualmente el espectro de la señal cuando las variaciones de la intensidad óptica produzcan cambios de fase debidos a la interacción entre canales adyacentes. La cantidad de ensanchamiento espectral introducido por la XPM está relacionada con la separación de canales y la dispersión cromática. Las degradaciones causadas por la XPM afectan en mayor grado a los sistemas basados en la fibra G.652 que en los basados en las fibras G.653 y G.655. (UIT-T, 1996, págs. 20-21)

El ensanchamiento debido a la XPM puede provocar interferencia entre canales adyacentes en sistemas de múltiples canales. La minimización de XPM puede controlarse mediante una selección adecuada del espaciamiento de los canales de 100Ghz son suficientes para reducir los efectos de la XPM en una simulación de un sistema con una

potencia de 5 mW por canal. Las penalidades de dispersión debidas a la XPM pueden también controlarse aplicando una compensación de la dispersión en intervalos apropiados a lo largo del sistema. (UIT-T, 1996, págs. 20-21)

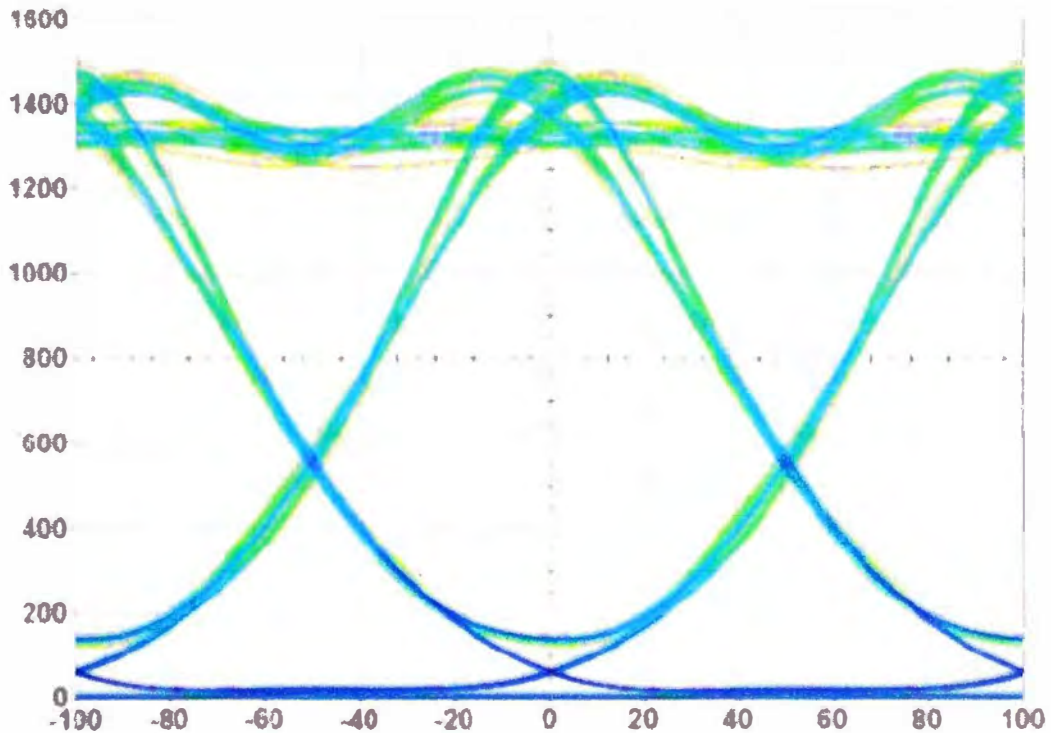


Fig 2.28.-Diagrama del ojo sin efecto de XPM sobre una señal a 10 Gbps con una distancia de 40km en G.652.

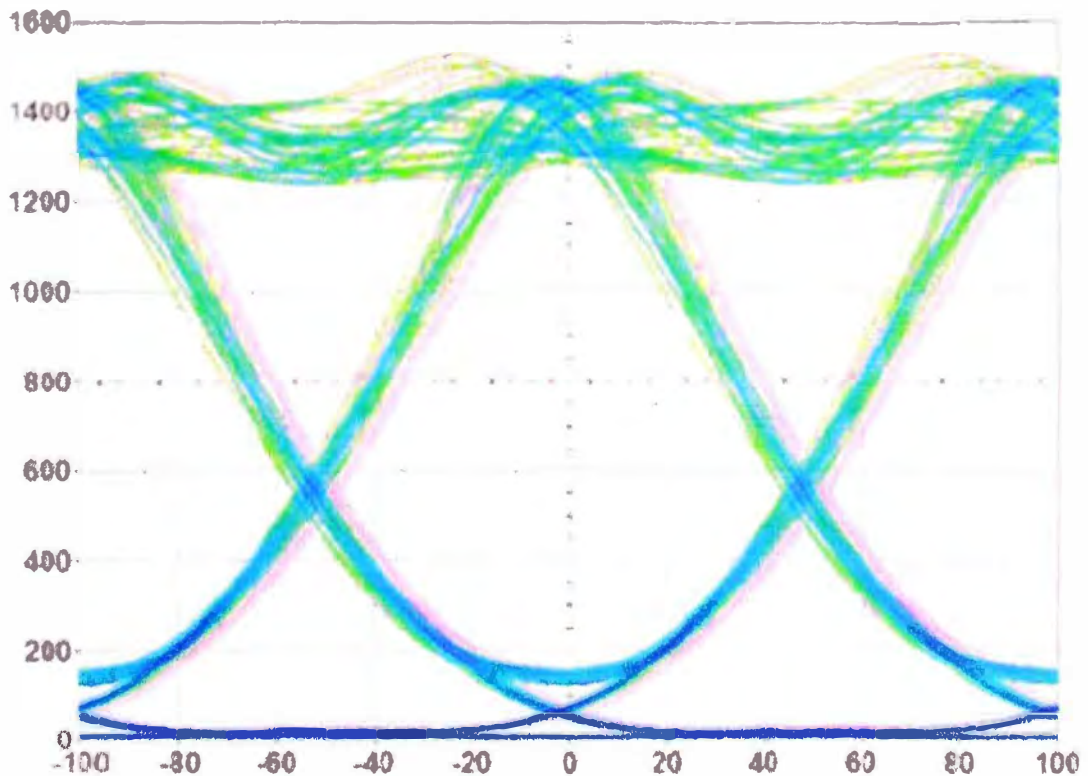


Fig 2.29.-Diagrama del ojo con efecto de XPM sobre una señal a 10 Gbps con una distancia de 40km en G.652.

iii) FWM (Four Wave Mixing)

Se produce cuando la interacción de dos o tres ondas ópticas de diferentes longitudes de onda genera nuevas ondas ópticas, denominadas productos de mezcla o bandas laterales, en otras longitudes de onda. Para un sistema con 3 canales localizados en frecuencias f_1 , f_2 y f_3 el efecto de FWM daría origen a frecuencias ubicadas en $f_{ijk}=\pm f_1\pm f_2\pm f_3$. Los efectos de FWM se presentan para valores pequeños de D y espaciamientos entre canales pequeños. La generación de estas nuevas frecuencias afecta el desempeño de un sistema WDM debido a que éstas pueden llegar a interferir con otro o varios canales, aumentando de esta manera el cross talk intercanal. Un ejemplo del efecto de FWM se presenta en la siguiente figura, donde se muestra la comparación de 3 canales DWDM correspondientes a 1549.315 nm, 1550.116 nm y 1550.918 nm al ser afectados por FWM y sin él. La transmisión corresponde a 10 km de fibra G.652 donde el coeficiente de dispersión se ha $D(1550\text{nm})=0.5 \text{ ps/nm}^2\text{km}$ con el fin de aumentar los efectos por FWM. (Fernández De Jáuregui Ruiz, 2012, pág. 58)

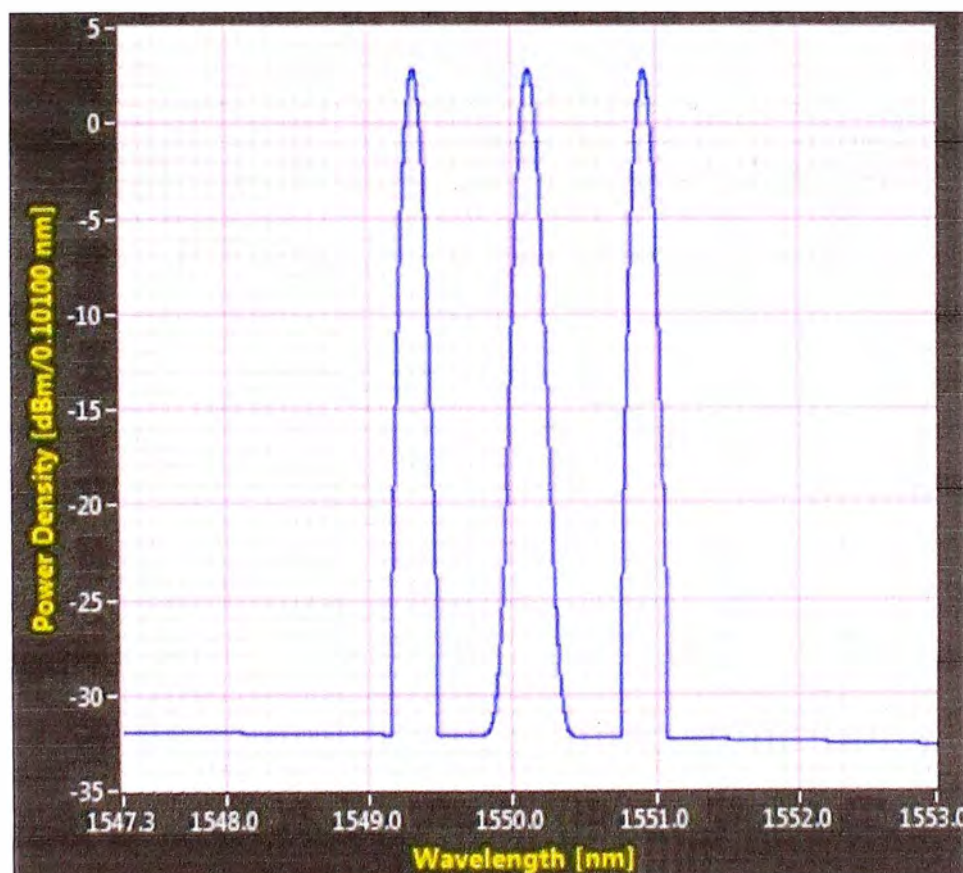


Fig 2.30a Canales de transmisión sin efectos de FWM(Canales 1549.315 nm, 1550.116 nm y 1550.918 nm sobre fibra G.652 con $D=0.5$).

Se puede observar claramente la aparición de nuevas longitudes de onda adicionales a los canales originales provocados por el efecto de FWM, dichas longitudes de onda no solo se presentan a los costados de los 3 canales sino también sobre ellos. En el dominio del tiempo, esto se puede observar: (Fernández De Jáuregui Ruiz, 2012, pág. 59)

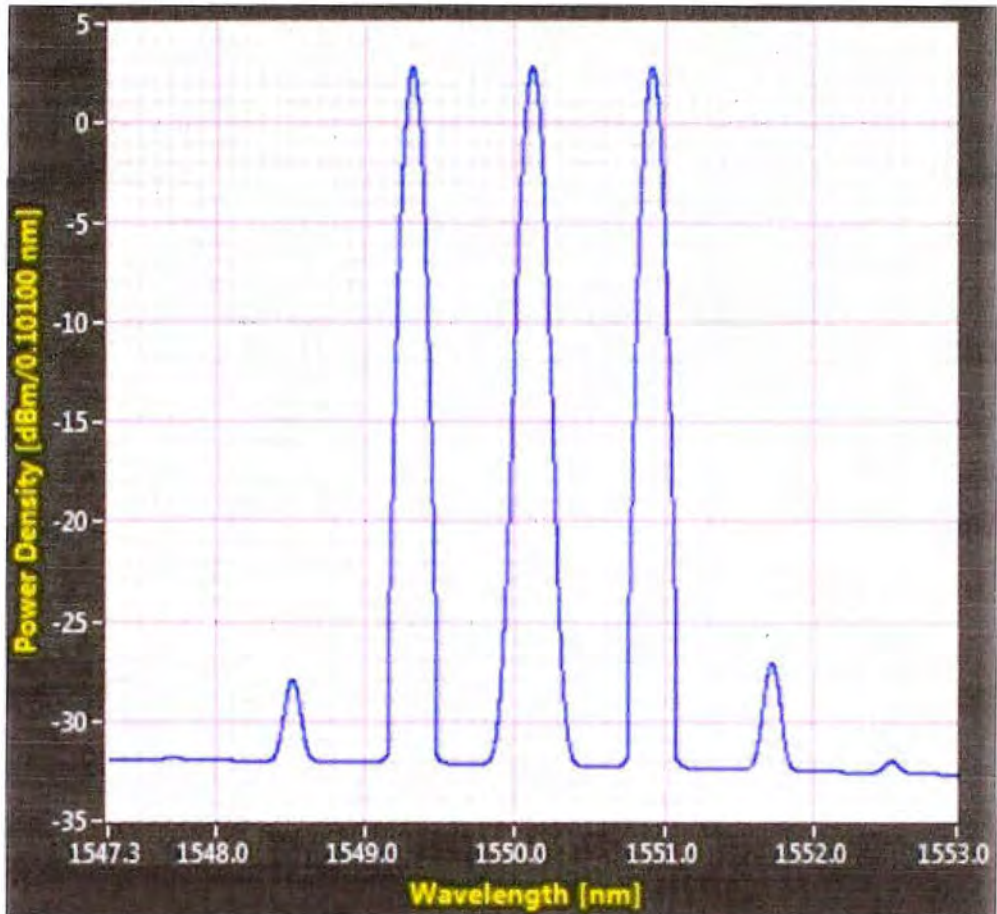


Fig 2.30b.- Canales de transmisión con efectos de FWM(Canales 1549.315 nm, 1550.116 nm y 1550.918 nm sobre fibra G.652 con $D=0.5$).

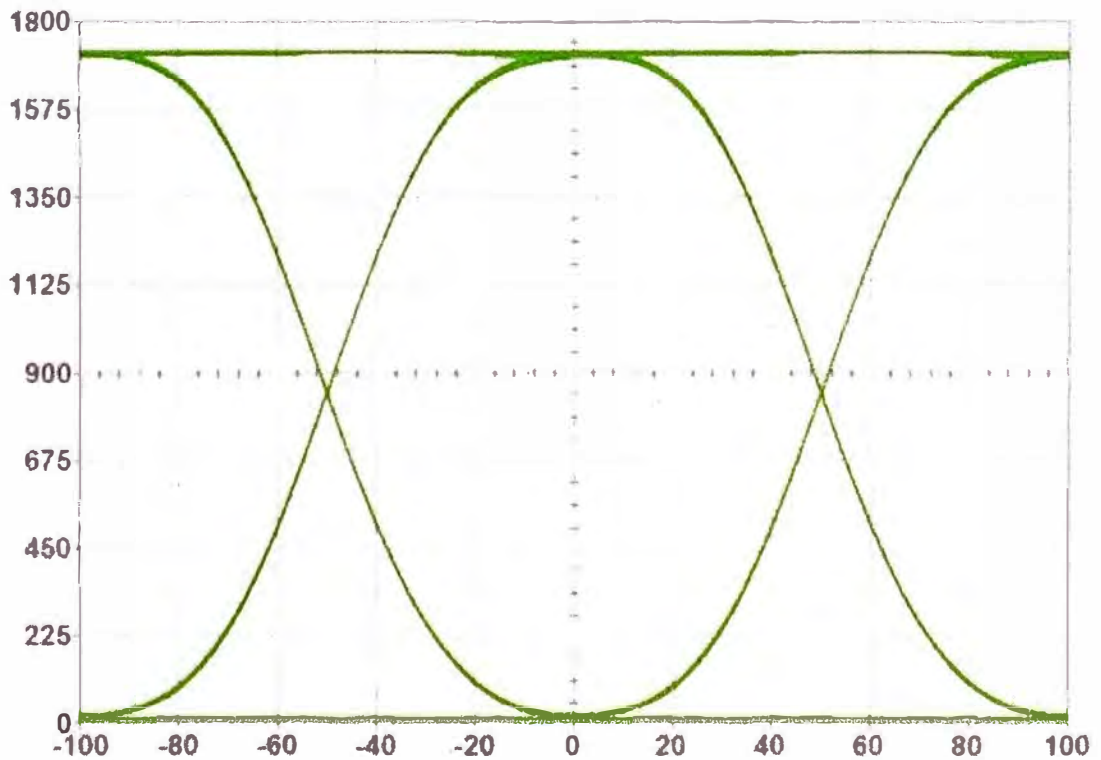


Fig 2.31a.-Diagrama de ojo sin FWM para canal 1550.116nm demultiplexado, con $D=0$ ps/nm*Km.

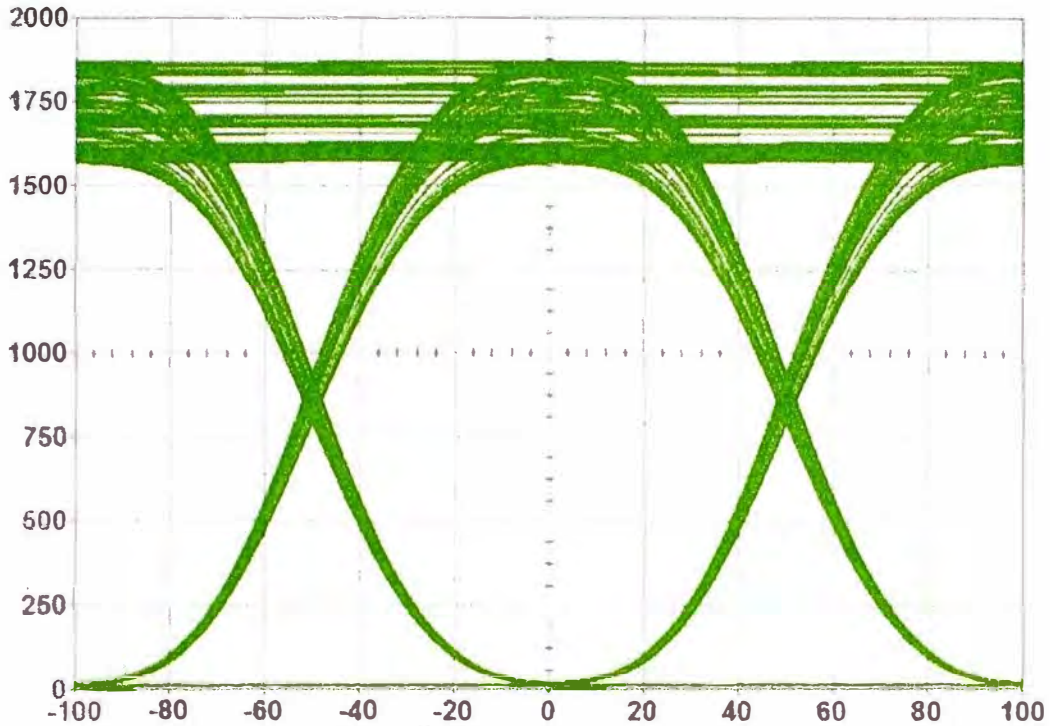


Fig 2.31b.-Diagrama de ojo con FWM para canal 1550.116nm demultiplexado, (abajo) con $D=0$ ps/nm·Km.

Como se ha mencionado con anterioridad, el efecto de FWM tienen una dependencia con el coeficiente de dispersión D , de esta manera cuando $D=0$ ps/nm·km éste se presenta más fuertemente, y conforme D aumenta los efectos de FWM desaparecen. (Fernández De Jáuregui Ruiz, 2012, pág. 60)

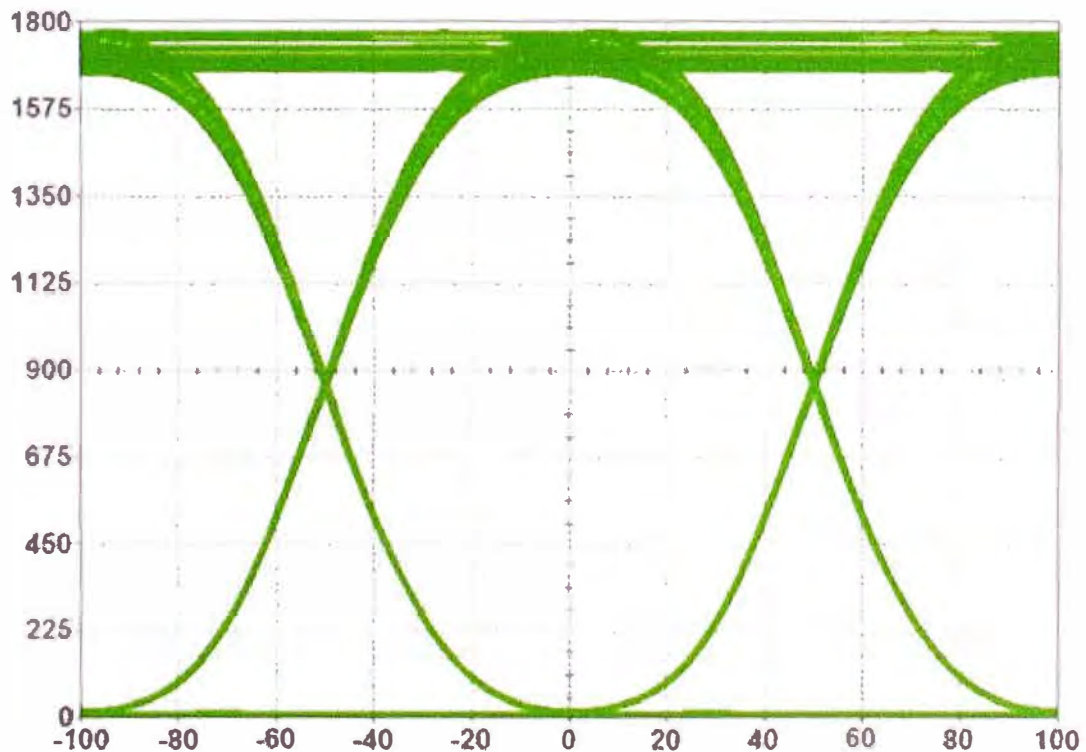


Fig 2.32a.-Diagrama de ojo con $D=1$ ps/nm·Km para canal 1550.116 nm demultiplexado de 16 canales sobre una fibra G.655.

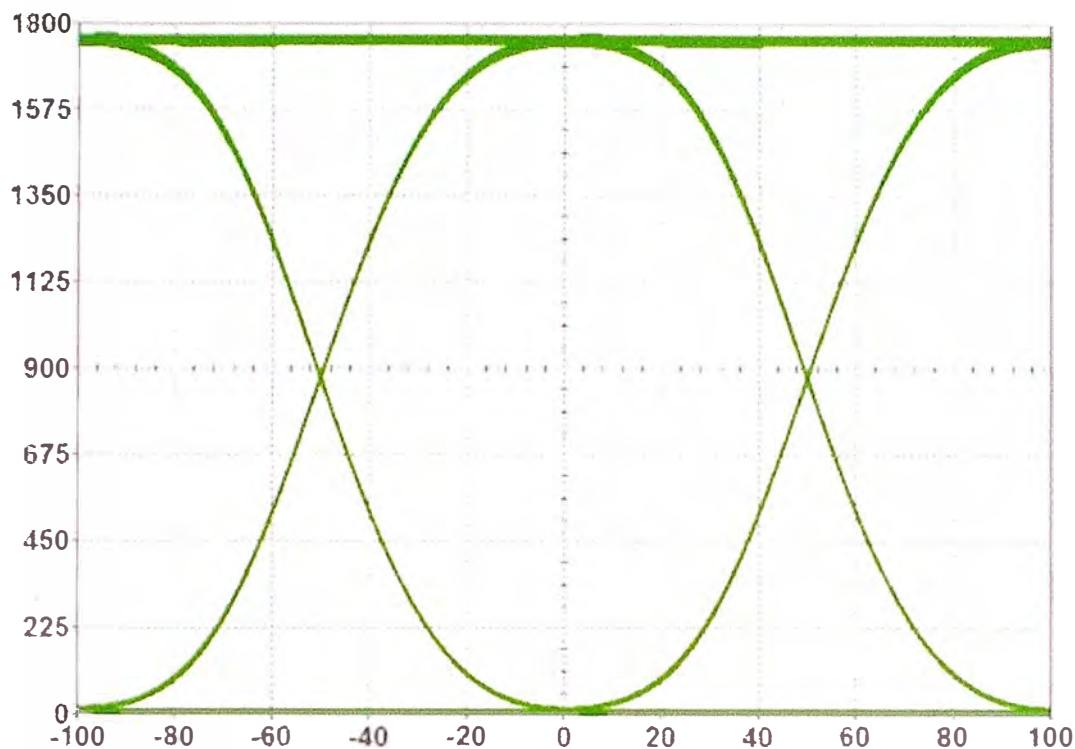


Fig 2.32b.-Diagrama de ojo con $D=5\text{ps/nm}\cdot\text{Km}$ para canal 1550.116 nm demultiplexado de 16 canales sobre una fibra G.655 (abajo).

Se puede observar como con tan solo un coeficiente de dispersión $D=5\text{ ps/nm}\cdot\text{km}$ los efectos de FWM desaparecen casi completamente. Hoy en día las fibras DSF se han reemplazado por NZ-DSF justamente con el fin de aumentar ligeramente la dispersión y reducir los efectos de FWM para sistemas multicanal. Debido a que FWM es un fenómeno que puede ser fácilmente evitado utilizando fibras cuyo coeficiente de dispersión sea diferente de 0 en la ventana de trabajo o utilizando canales con espaciamentos no uniformes. (Fernández De Jáuregui Ruiz, 2012, pág. 61)

i) Impacto en los Sistemas

En un enlace de comunicaciones ópticas digitales es importante conocer la máxima velocidad de transmisión a una distancia L . La velocidad de transmisión es la inversa del tiempo de bit (bit slot) y su máximo valor se obtiene a través de la relación con la anchura temporal de un pulso propagado por la fibra óptica ($\Delta\lambda$ o σ), la cual se muestra a continuación: (Vieites Freire , 2003, págs. 163-164)

$$B_R = \frac{1}{T} = \frac{1}{\epsilon\sigma} \quad (2.47)$$

Donde:

- Para un sistema donde la anchura espectral del pulso está dominada por la fuente (caso del láser utilizado en el proyecto), el valor de la anchura temporal de un pulso propagado por la fibra óptica se puede definir como: (Vieites Freire , 2003, pág. 164)

$$\sigma \approx \sigma_{\text{fibra}} \quad (2.48)$$

- σ_{fibra} es el ensanchamiento del pulso durante su propagación por una fibra óptica.
- El valor de ϵ depende de una multitud de factores (forma de pulso, tipo de fibra, cómo se ensancha el pulso, etc.) pero se basa en gran medida en resultados empíricos, y puede ser distinta para diferentes esquemas de enlaces ópticos. Si la forma del pulso es gaussiana, entonces el valor de ϵ es tal que: (Vieites Freire , 2003, pág. 164)

$$B_R = \frac{1}{4\sigma_{fibra}} \quad (2.49)$$

- En cuanto a la longitud máxima del enlace óptico para un sistema con anchura espectral dominada por la fuente, se tiene que: (Vieites Freire , 2003, pág. 164)

$$L_{max} = \frac{1}{4 |D| B_R \sigma_\lambda} \quad (2.50)$$

CAPITULO III METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Situación actual de la red del operador

Haciendo una descripción actual de la red del operador; el operador está en sus inicios como empresa de telecomunicaciones en el país, es decir no posee una infraestructura externa desplegada.

El operador posee una sede Nodo Central o llamada Estación Principal. Además su red está diseñada a base de anillos que está conformado por sus Estaciones Bases.

En cada anillo formado existe una Estación Base que hace la función de Nodo Secundaria del anillo que forma.

La Estación Principal y todos los Nodos Secundarios tienen posiciones fijas es decir sus posiciones longitud y latitud están establecidos.

3.2 Análisis para el diseño e implementación de la red

Para el diseño nos basaremos a partir de los equipos de transmisión determinado por el área respectiva.

Describiendo las características del equipo de transmisión de la sala de transmisiones:

- El equipo a usar XDM-1000 del proveedor ECI Telecom.XDM-1000 está diseñado para aplicaciones (Multi-servicio) de alta capacidad de intercambio entre centrales.
- Físicamente el XDM-1000 tiene las siguientes medidas 285 mm de profundidad, 450 mm de ancho y 1100 mm de alto.
- Doce slots(I1 al I12) asignados para las tarjetas I/O o Transponder.
- Once slots(M1 a M11) asignados para los módulos de interfaz de conexión eléctrica o DWDM / OADM, booster ópticos, ópticos módulos de preamplificador.
- Dos slots(X1 y X2) asignados a las tarjetas matriz HLXC(High/Low Order Cross Connect) ó XIO(Matriz I/O).
- Dos slots (C1 y C2) asignadas a las tarjetas xMCP (XDM Main Control Processor).
- Una slot (C0) asignado a la tarjeta de MECP (Main Equipment Control Panel)
- Dos xINFs (XDM Input Filter Units) para redundancia de suministro de energía.
- Tres xFCUs para apoyar la redundancia del sistema de refrigeración.

En la red, estos equipos poseen las siguientes tarjetas; la mencionamos a continuación. (ECI, 2010)

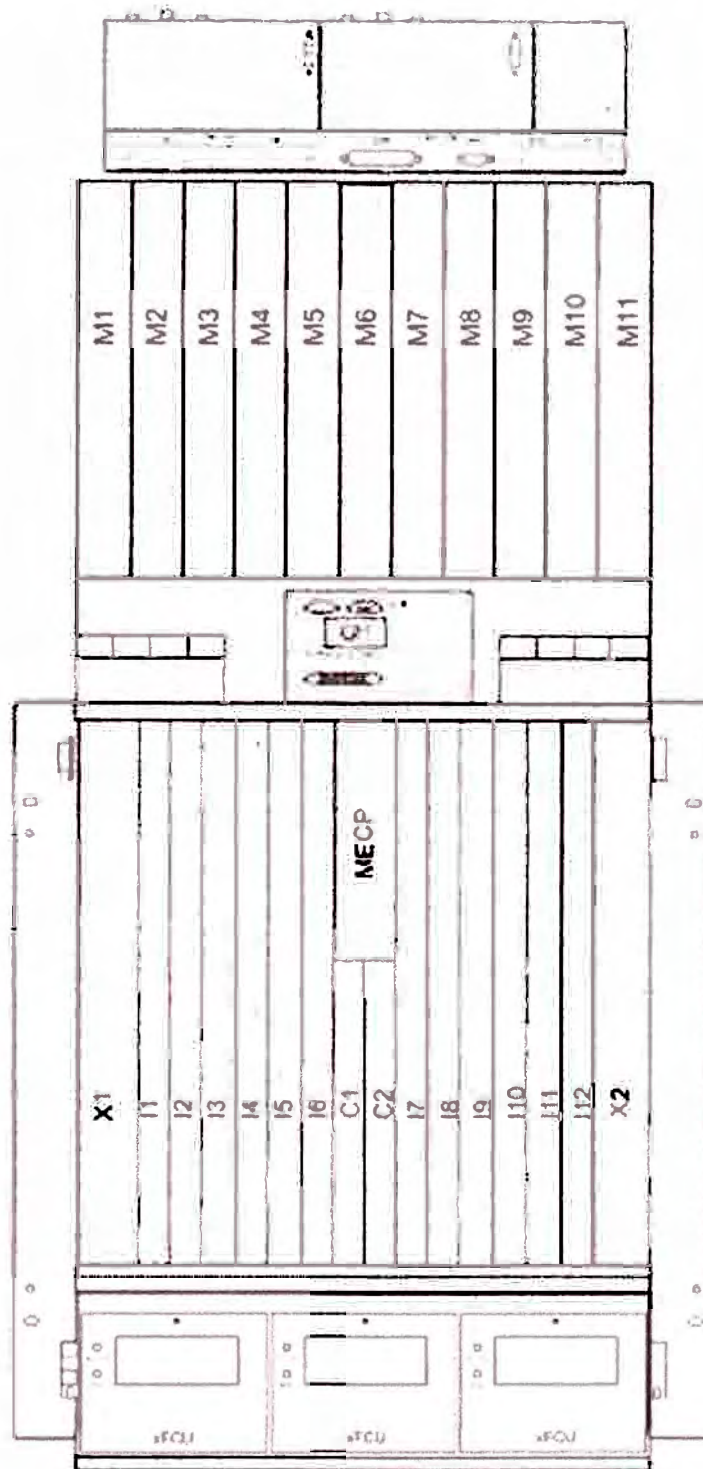


Fig 3.1.-Vista esquemática XDM-1000.

a) Usaremos las tarjetas **TRP10_4M** en los slots (I1 al I12):

- Capacidad total de 20Gbps(10Gbps lado Cliente y 10Gbps lado Línea).
- Aplicable para distancias de 40Km a 80Km.
- Usa la banda C(DWDM o CWDM).

b) Usaremos las tarjetas **XIO384F** en los slots(X1 y X2):

- Soporta interfaces SDH(STM16/STM64).

c) Usaremos las tarjetas **xMCP / xMCP_B** en los slots (C1 y C2).

d) Usaremos las tarjetas **MECP** en el slot C0.

e) Usaremos los módulos ópticos **S-64.2a** en las tarjetas I/O.

Tabla 3.1a.- Especificaciones ópticas del módulo óptico(STM-64)

CARACTERISTICAS DE INTERFACE STM-64		
1	APPLICATION CODE	S-64.2a
2	Operating wavelength (nm)	1530-1565

Tabla 3.1b.- Especificaciones ópticas del transmisor óptico(STM-64)

TRANSMITTER		
1	Source type	DFB(EML)
2	Min. mean launched power (dBm)	-2
3	Max. mean launched power (dBm)	3
4	Min. extinction ratio (dB)	8.2
5	Max. Rise/Fall Time (20% - 80%) (ps)	40
6	Spectrum width (pm)	0.1

Tabla 3.1c.- Especificaciones ópticas del receptor óptico(STM-64)

RECEIVER		
1	Photodiode type	APD
2	Min. Sensitivity (BER of $1 \cdot 10^{-12}$)(dBm)	-19
3	Min. overload (dBm)	-8
4	Bandwidth(-3dB)(GHz)	10

Tabla 3.1d.- Especificaciones ópticas entre el Transmisor y el receptor(STM-64)

OPTICAL PATH BETWEEN S AND R		
1	Max. attenuation range (dB)	15
2	Min. attenuation range (dB)	10
3	Max. chromatic dispersion (ps/nm)	800

Ahora determinaremos el tipo de fibra óptica que se usara en el proyecto; comenzaremos a analizar los tipos de fibras ópticas monomodo existentes en el momento.

i) UIT-T G.652, fibra monomodo estándar de dispersión no desplazada

Inicialmente se optimizó para operar a 1310 nm de longitud de onda y también a 1550 nm; en el rango de la ventana en 1300 a 1324 nm tiene la dispersión cercana a cero ($0.092\text{ps/nm}^2 \cdot \text{Km}$) y adecuada para CWDM. La fibra G.652d presenta mejoras en la familia de las fibras G.652. (Azurza Neyra, 2011, pág. 1)

ii) UIT-T G.653: Fibra de dispersión desplazada (Dispersión–Shifted Fiber)

A 1550 nm posee una mejora en cuanto a la dispersión y atenuación. Pero no es conveniente su uso en una dorsal de una red DWDM porque es afectado por mezclado

de cuatro ondas (FWM) debido por poseer dispersión cero a la longitud de onda de (Azurza Neyra, 2011, pág. 2)

iii) UIT-T G.654

Fibra monomodo, especial para el trabajo en la región de 1500 nm a 1600 nm. Esta fibra óptica posee una baja pérdida a 1550 nm debido al silicio del núcleo es puro (9.5 a 10.5 μm) y una dispersión cromática en 1550 nm (20 a 22 ps/nm \cdot Km). Uso especial en largas distancias bajo el mar. (Azurza Neyra, 2011, pág. 2)

iv) UIT-T G.655, Fibra de dispersión desplazada no nula (NZDSF)

Posee su dispersión cero fuera de la ventana de operación de 1550 nm. Este efecto de la dispersión cromática minimiza los efectos no lineales como la FWM, SPM y XPM, en DWDM. A partir de ellas; se determina que tenemos dos opciones para la elección de fibra óptica: G.652D y G.655. (Azurza Neyra, 2011, pág. 2)

Tablas de Características Ópticas y Geométricas G.652D

Tabla 3.2.-Características ópticas G.652D

Parámetros ópticos	Fibra no cableada	Fibra cableada
Atenuación a 1310 nm	$\leq 0,35$ dB/Km	$\leq 0,37$ dB/Km
Atenuación a 1383 nm	$\leq 0,35$ dB/Km	$\leq 0,37$ dB/Km
Atenuación a 1550 nm	$\leq 0,21$ dB/Km	$\leq 0,24$ dB/Km
Atenuación a 1625 nm	$\leq 0,23$ dB/Km	
Atenuación en 1285-1625 nm	$\leq 0,40$ dB/Km	
Punto de discontinuidad máxima en 1310 y 1550 nm	$\leq 0,05$ dB	
Longitud de onda de corte	1100-1320 nm	≤ 1260 nm
Punto de dispersión cero	1300-1324 nm	
Pendiente de dispersión cero	$\leq 0,090$ ps/nm 2 .Km	
Dispersión cromática en 1285 –1330 nm	$\leq 3,5$ ps/nm.Km	
Dispersión cromática en 1550 nm	$\leq 18,0$ ps/nm.Km	
Dispersión cromática en 1625 nm	$\leq 22,0$ ps/nm.Km	
PMD fibra individual	$\leq 0,15$ ps/ $\sqrt{\text{Km}}$	
PMDq (Q=0,01%, N=20)	$\leq 0,08$ ps/ $\sqrt{\text{Km}}$	

Tabla 3.3.-Características geométricas G.652D

Parámetros geométricos	
Diámetro de campo modal 1310 nm	$9,20 \pm 0,40$ μm
Diámetro de campo modal 1550 nm	$10,40 \pm 0,50$ μm
Error concentricidad núcleo/cladding	$\leq 0,4$ μm
Diámetro cladding	$125,0 \pm 0,50$ μm
Error concentricidad coating/cladding	≤ 12 μm
No circularidad coating	≤ 10 %
Diámetro coating (coloreado)	250 ± 15 μm

Tablas de Características Ópticas y Geométricas G.655

Tabla 3.4.-Características ópticas G.655

Parámetros ópticos	Fibra no cableada	Fibra cableada
Atenuación a 1550 nm	$\leq 0,22$ dB/Km	$\leq 0,24$ dB/Km
Atenuación a 1625 nm	$\leq 0,25$ dB/Km	$\leq 0,26$ dB/Km
Punto de discontinuidad máx en 1550 nm	$\leq 0,05$ dB	
Longitud de onda de corte	≤ 1450 nm	
Punto de dispersión cero	1500 nm	
Pendiente de dispersión cero	$\leq 0,092$ ps/nm ² .Km	
Coeficiente de dispersión cromática:		
1530 - 1565 nm	$\leq 2,0 - 6,0$ ps/nm.Km	
1565 - 1625 nm	$\leq 4,5 - 11,2$ ps/nm.Km	
Dispersión en 1550 nm	4 ps/nm.Km	
PMD fibra individual	$\leq 0,10$ ps/ \sqrt Km	
PMDq (Q=0,01%, N=20)	$\leq 0,08$ ps/ \sqrt Km	

Tabla 3.5.-Características geométricas G.655

Parámetros geométricos	
Diámetro de campo modal 1550 nm	$9,60 \pm 0,40$ μ m
Área efectiva	65 - 72 μ m ²
Error concentricidad núcleo/cladding	$\leq 0,6$ μ m
Diámetro cladding	$125,0 \pm 1,0$ μ m
Error concentricidadcoating/cladding	≤ 12 μ m
No circularidad cladding	$\leq 1,0$ %
Diámetro coating	$247 \pm 7,0$ μ m

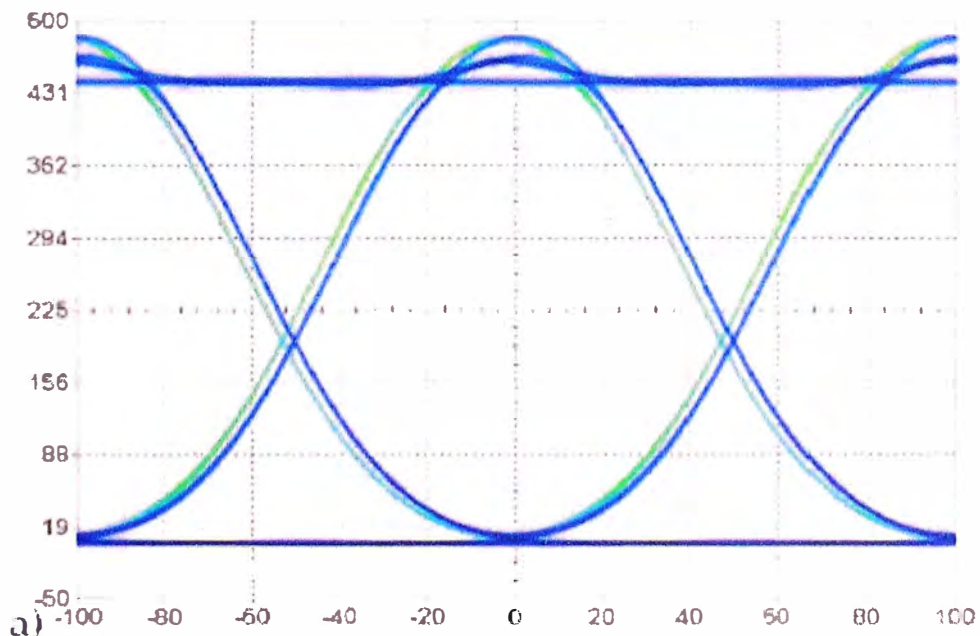


Fig 3.2a.-Transmisión sobre fibra G.652D. para distancias de transmisión de 20km.

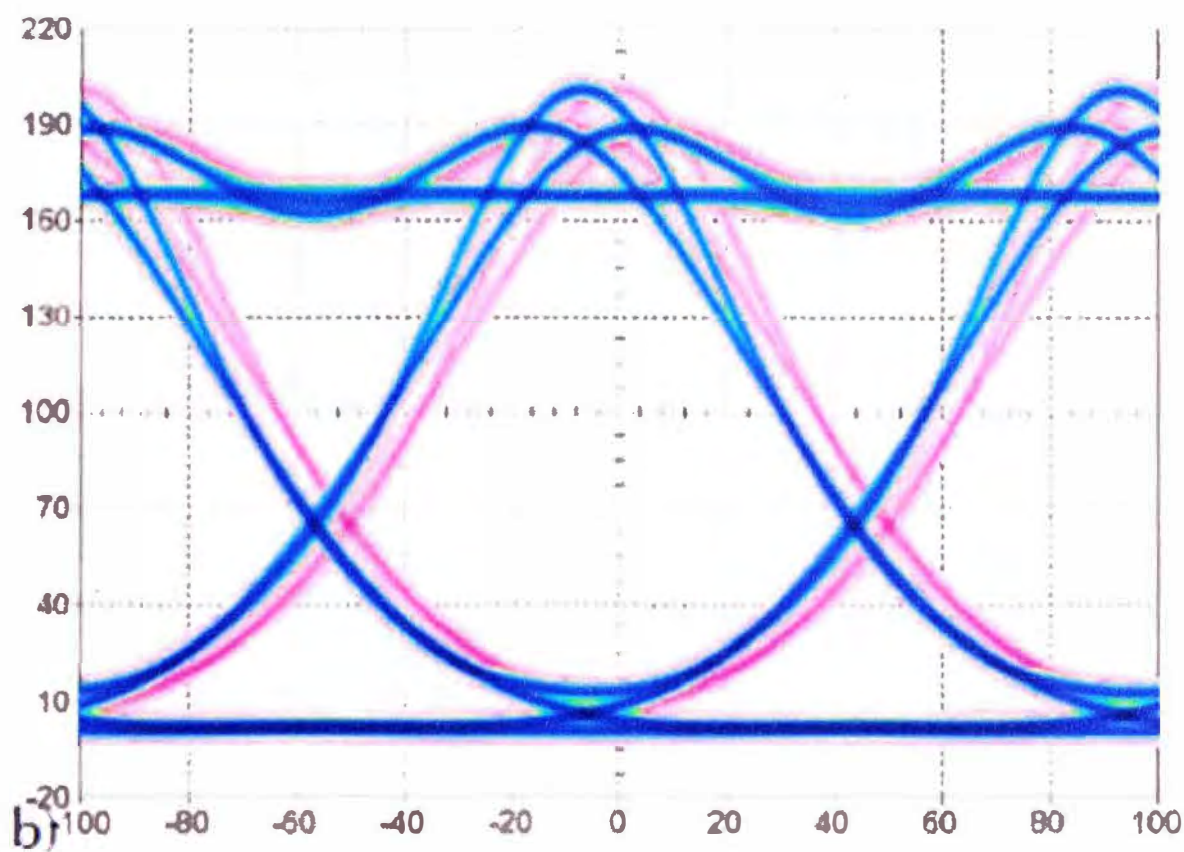


Fig 3.2b.-Transmisión sobre fibra G.652D. para distancias de transmisión de 40km.

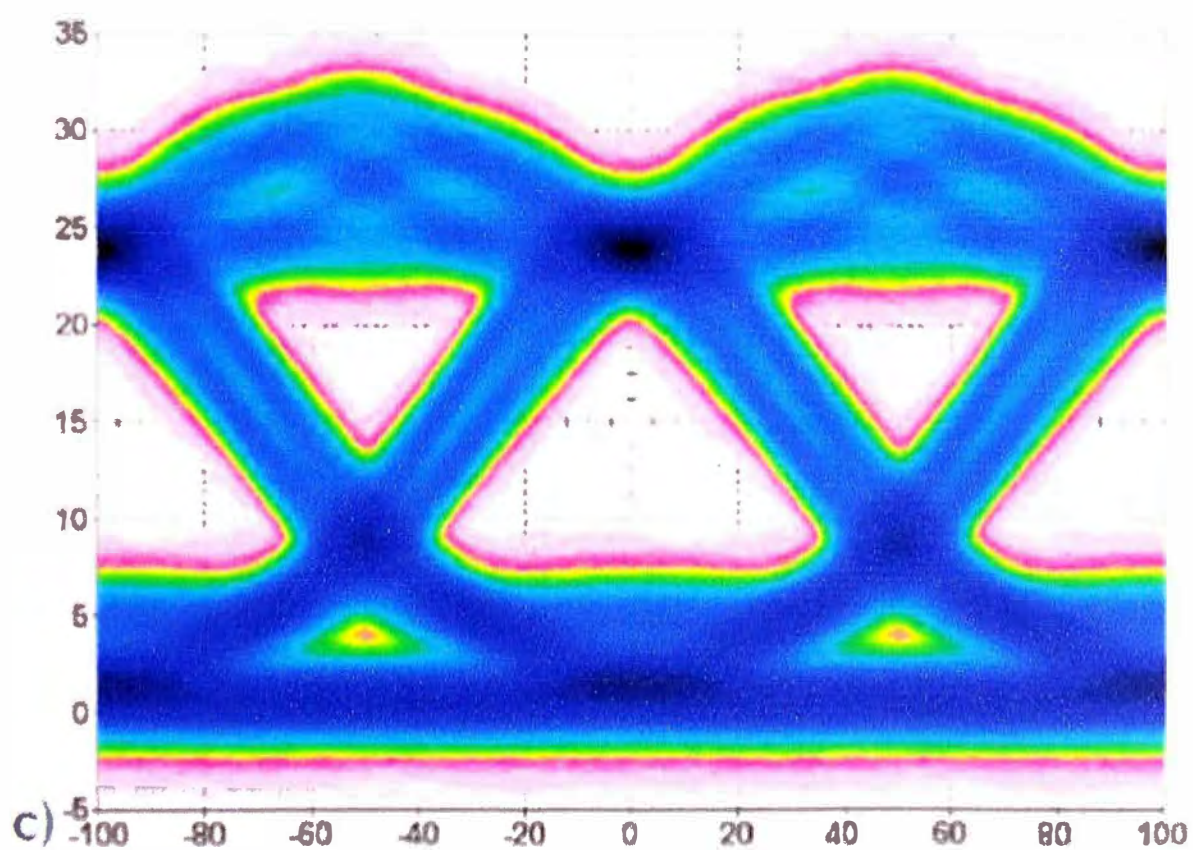
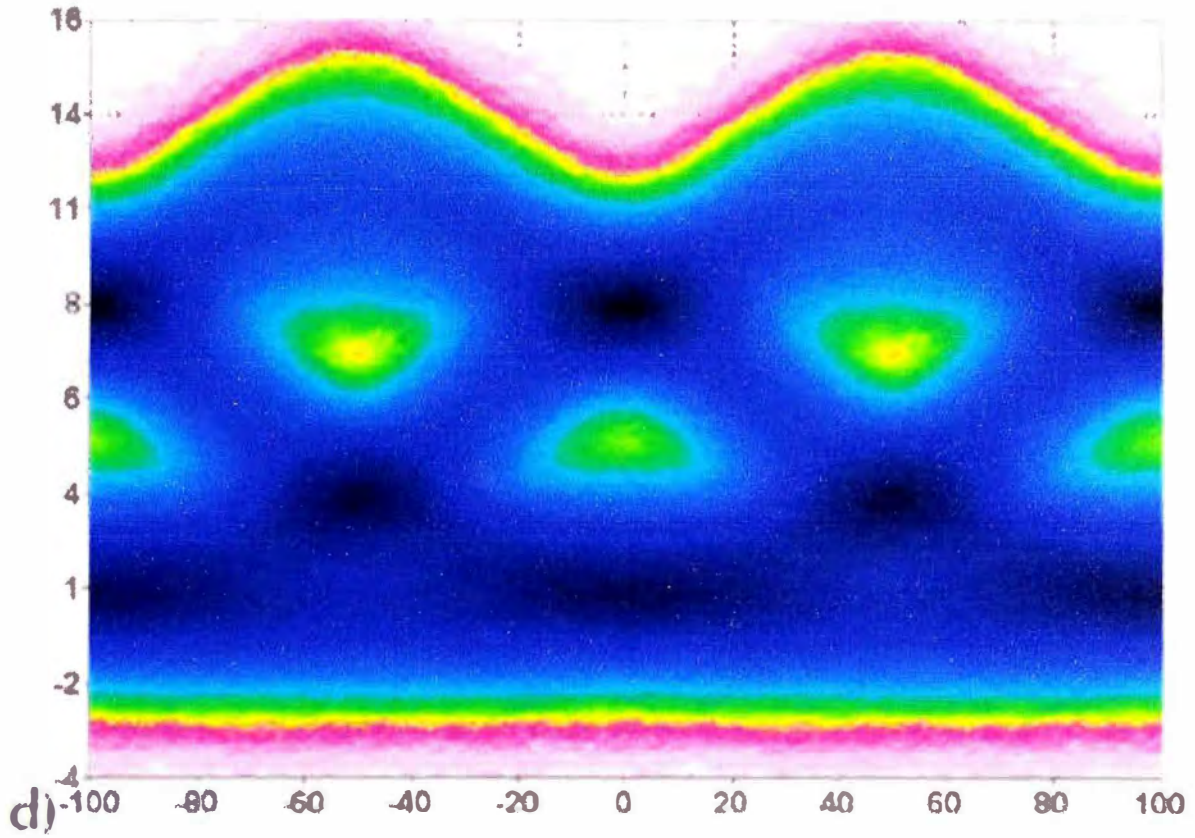
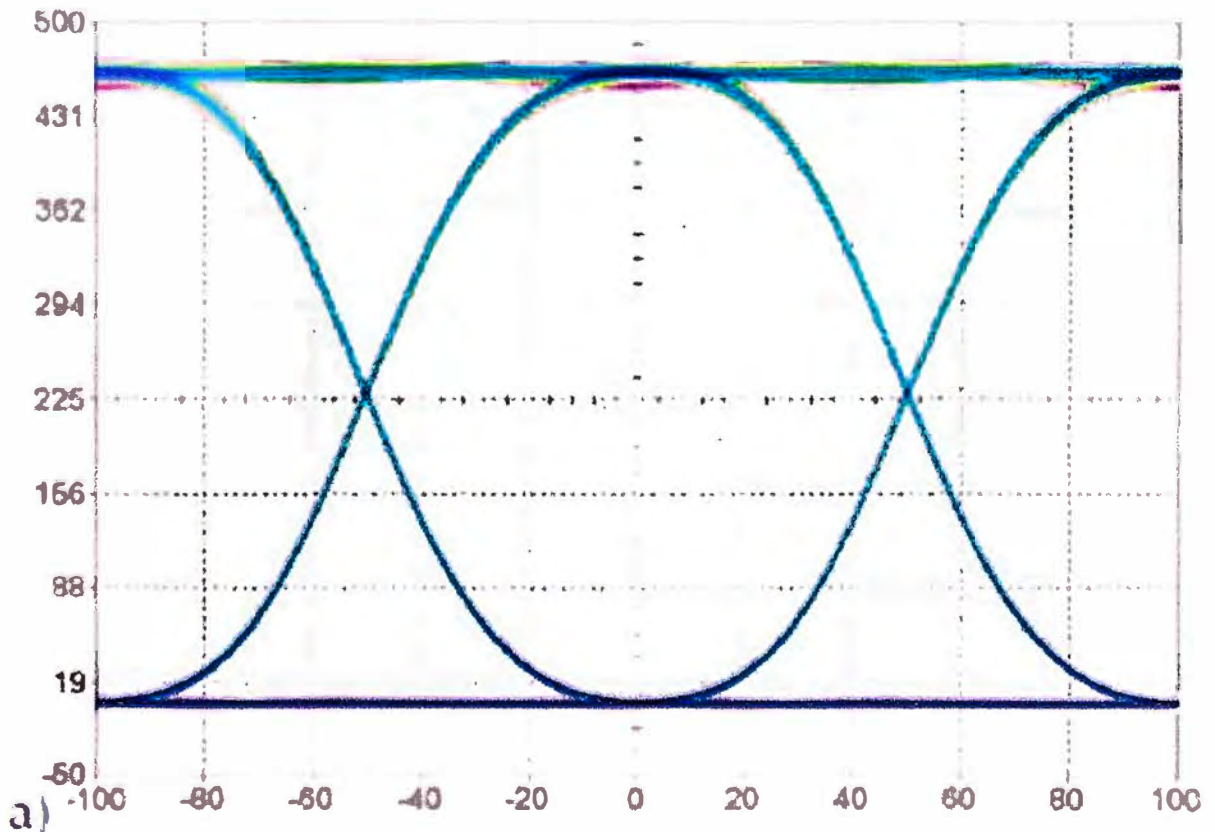


Fig 3.2c.-Transmisión sobre fibra G.652D. para distancias de transmisión de 80km.



d) Fig 3.2d.-Transmisión sobre fibra G.652D. para distancias de transmisión de 100km.



a) Fig 3.3a.-Transmisión sobre fibra G.655 para distancias de transmisión de 20km.

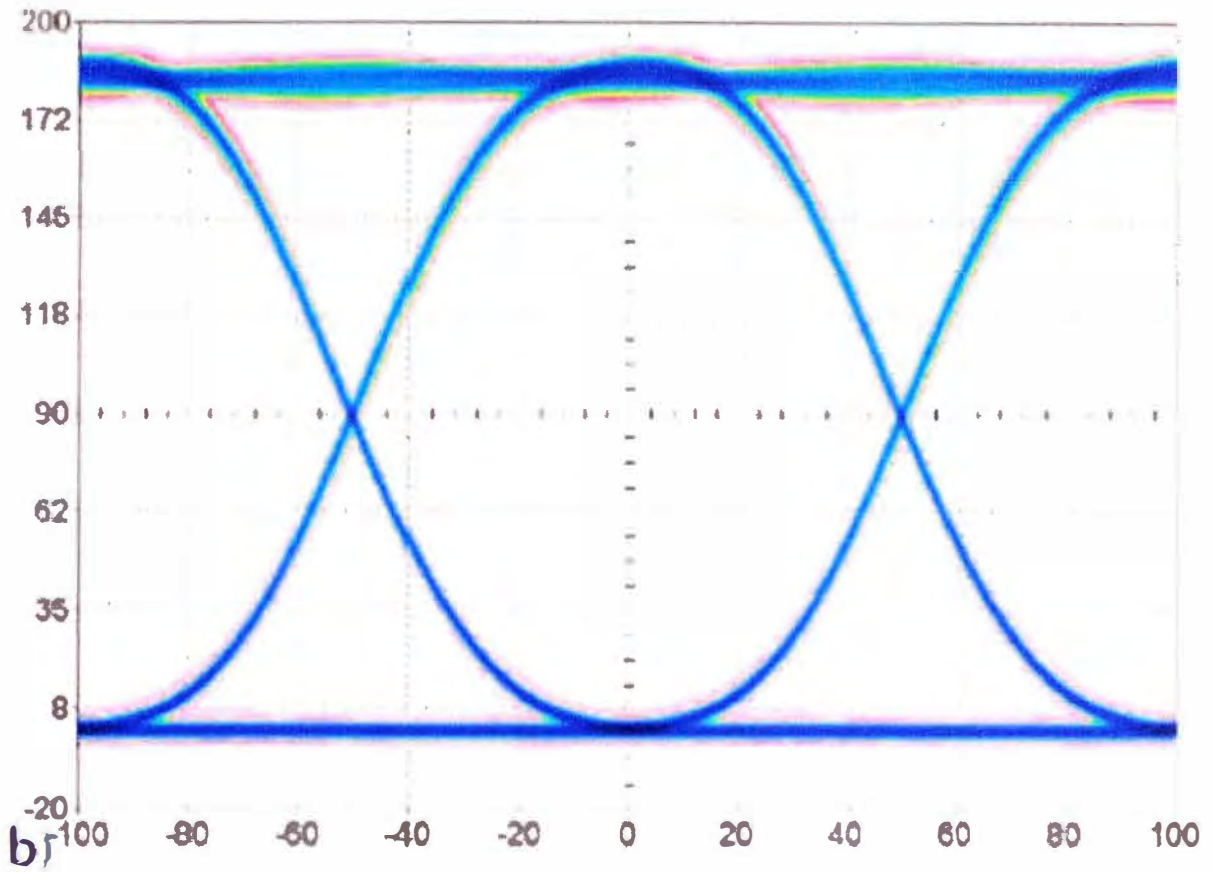


Fig 3.3b.-Transmisión sobre fibra G.655 para distancias de transmisión de 40km

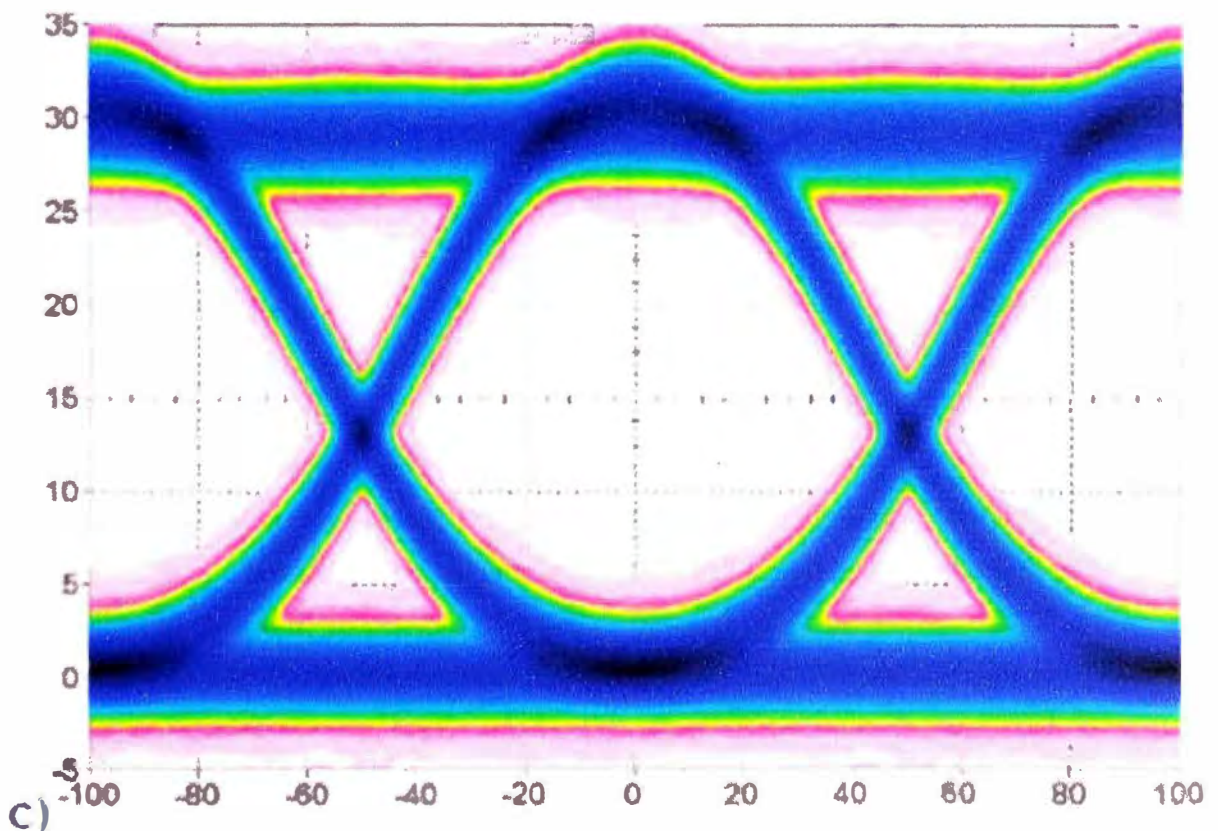


Fig 3.3c.-Transmisión sobre fibra G.655 para distancias de transmisión de 80km

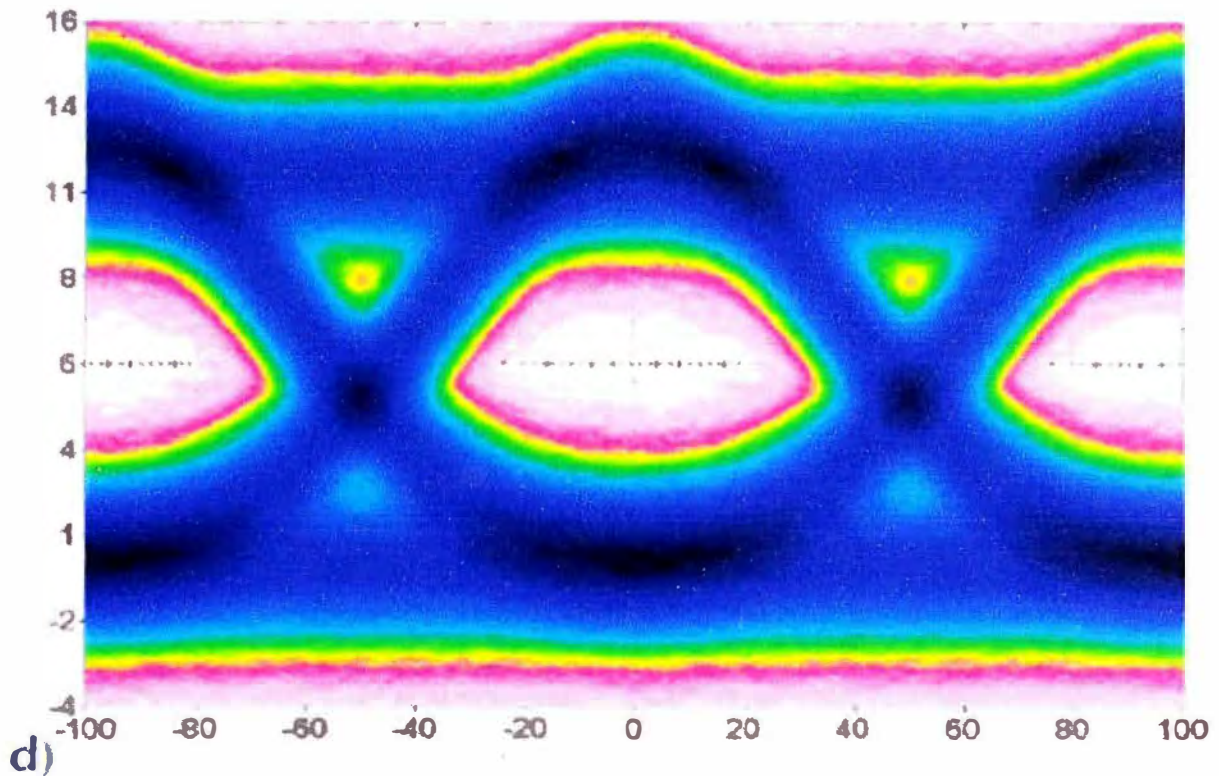


Fig 3.3d.-Transmisión sobre fibra G.655. para distancias de transmisión de 100km

En la figura 3.2(a, b, c y d) se puede observar como la acumulación de la dispersión y atenuación sobre la señal provocan que la SNR después de una distancia de 80 km se encuentre totalmente degradada. En el caso de los efectos no-lineales, la aportación de FWM y XPM es demasiado baja (prácticamente nula) debido a la alta dispersión de la fibra y a la relativamente baja potencia de los canales (5 dB). Esto ocasiona que ambos efectos no puedan ser observados en los diagramas de ojo presentados. (Fernández De Jáuregui Ruiz, 2012, pág. 62)

En la figura 3.3(a, b, c y d) correspondiente a la misma transmisión pero ahora sobre fibra G.655. La fibra G.655 es una fibra de dispersión desplazada no nula (NZ-DSF) la cual presenta un coeficiente de dispersión $D(1550\text{nm})$ de $4.4 \text{ ps/nm} \cdot \text{km}$ y una pendiente de dispersión de $0.045 \text{ ps/nm}^2 \cdot \text{km}$. Se puede lograr observar claramente la ligera presencia de efectos no-lineales en la transmisión. En este caso, debido a la menor dispersión de la fibra, los efectos por FWM y XPM se presentan en mayor medida. Estos dos efectos son mezclados con el ruido del receptor, haciendo que para una distancia de 80 km sean prácticamente indistinguibles. Por otro lado, se observa la disminución radical de la dispersión de la señal, provocando que el ojo se encuentre mucho más abierto inclusive para 100 km de transmisión, que aquel para fibra G.652. (Fernández De Jáuregui Ruiz, 2012, pág. 63)

En conclusión para enlaces de distancias de decenas de Kms como son los enlaces Troncales (Backbone) es recomendable obtener un diagrama del Ojo abierto lo que

implica un no deterioro de la señal por lo que no es complicado al receptor interpretar los pulsos transmitidos y así mantener la misma tasa de error en el receptor (bajo BER), no tener la necesidad de elevar la potencia en el transmisor o usar la menor cantidad de elementos de amplificación de señal en lo largo de ruta. **Entonces debido a ello se determina que la mejor opción de elección de fibra óptica para nuestro enlace Troncal (Backbone) es la G.655.**

3.3.- Diseño, desarrollo e implementación de la red Troncal

3.3.1 Ubicación del Nodo Central y los Nodos Secundarios

Tabla 3.6.-Ubicación del Nodo Central y los Nodos Secundarios

Nº	NODO	UBICACIÓN	LONGITUD	LATITUD
1	NODO CENTRAL	Av. José Gálvez Barrenechea N° 214	-77.013970°	-12.092313°
2	NODO A	Av. La Marina N° 1200 (Esquina entre la Av. La Marina y Av. Juan Valer Sandoval)	-77.075817°	-12.079721°
3	NODO B	Jr. Mendoza Merino N° 110 (Esquina entre el Jr. Mendoza Merino y Av. Grau)	-77.024001°	-12.058594°
4	NODO C	Esquina entre la Av. Metropolitana y Calle 1	-76.955675°	-12.038109°

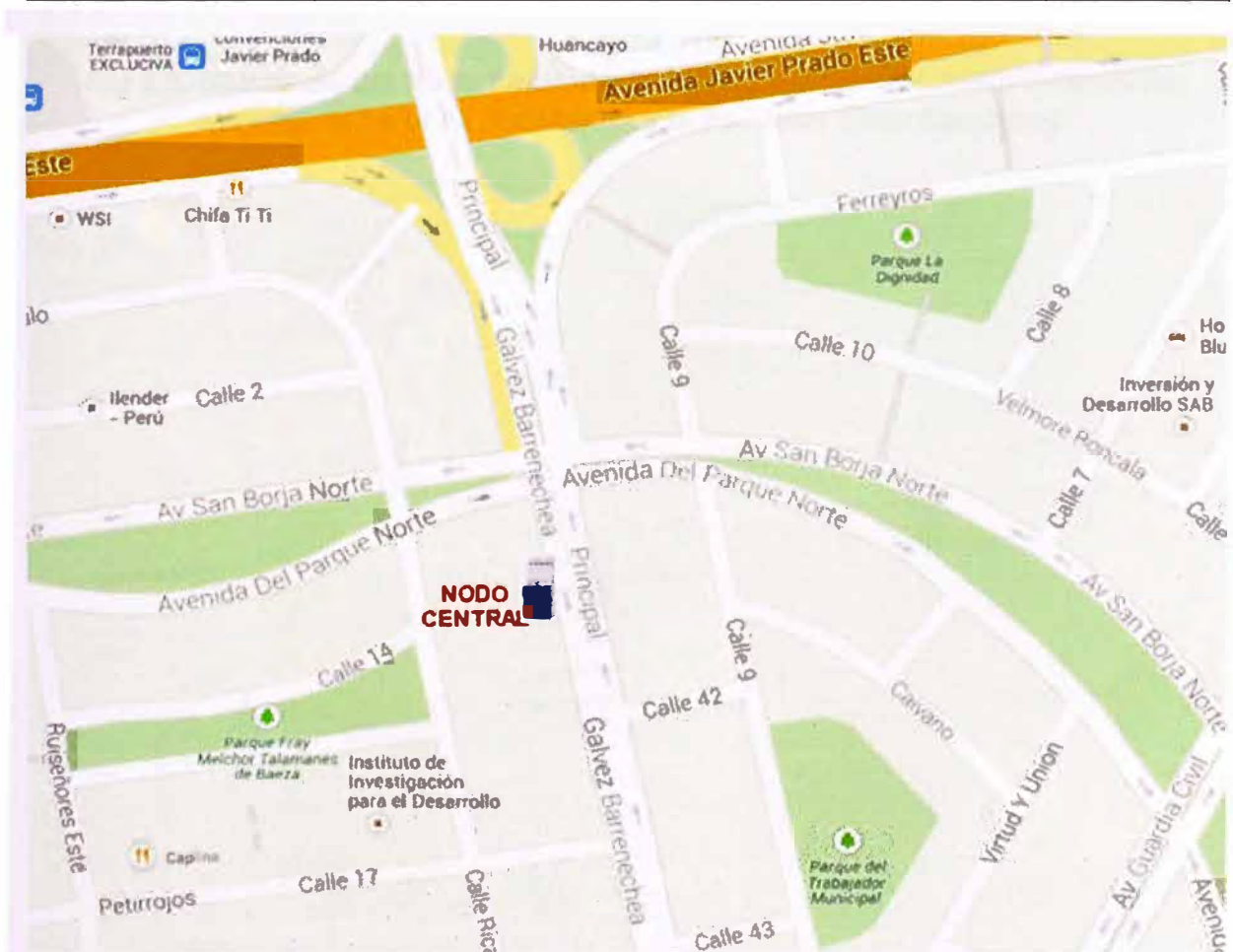


Fig 3.4.-Ubicación del Nodo Central(Av. José Galvez Barrenechea N° 214. Referencia esquina entre Av. José Galvez Barrenechea y Av. San Borja Norte, en el distrito de San Isidro).



Fig 3.5.-Ubicación del Nodo Secundario A(Av. La Marina N° 1200. Referencia esquina entre la Av. La Marina y la Av. Juan Valer Sandoval)

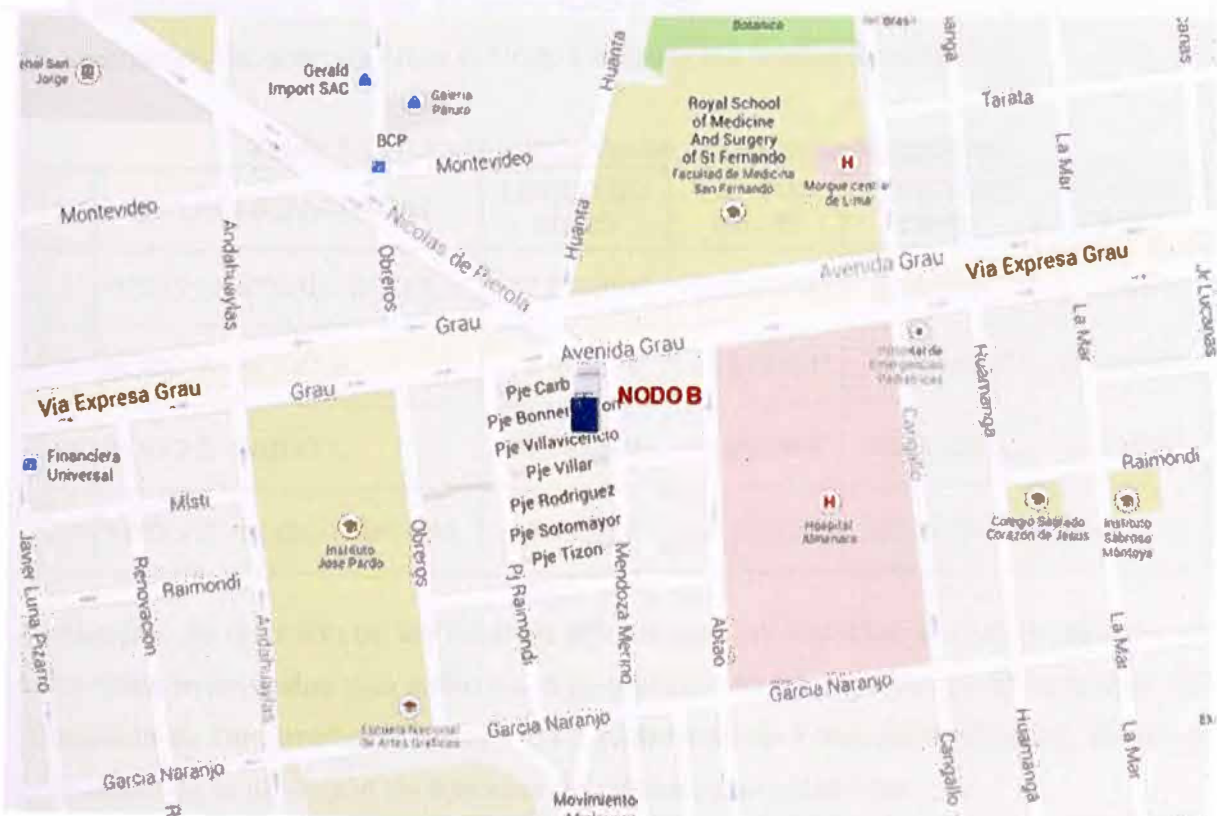


Fig 3.6.-Ubicación del Nodo Secundario B(Jr. Mendoza Merino N° 110.Referencia esquina entre el Jr. Mendoza Merino y Av. Grau, en el distrito de La Victoria).

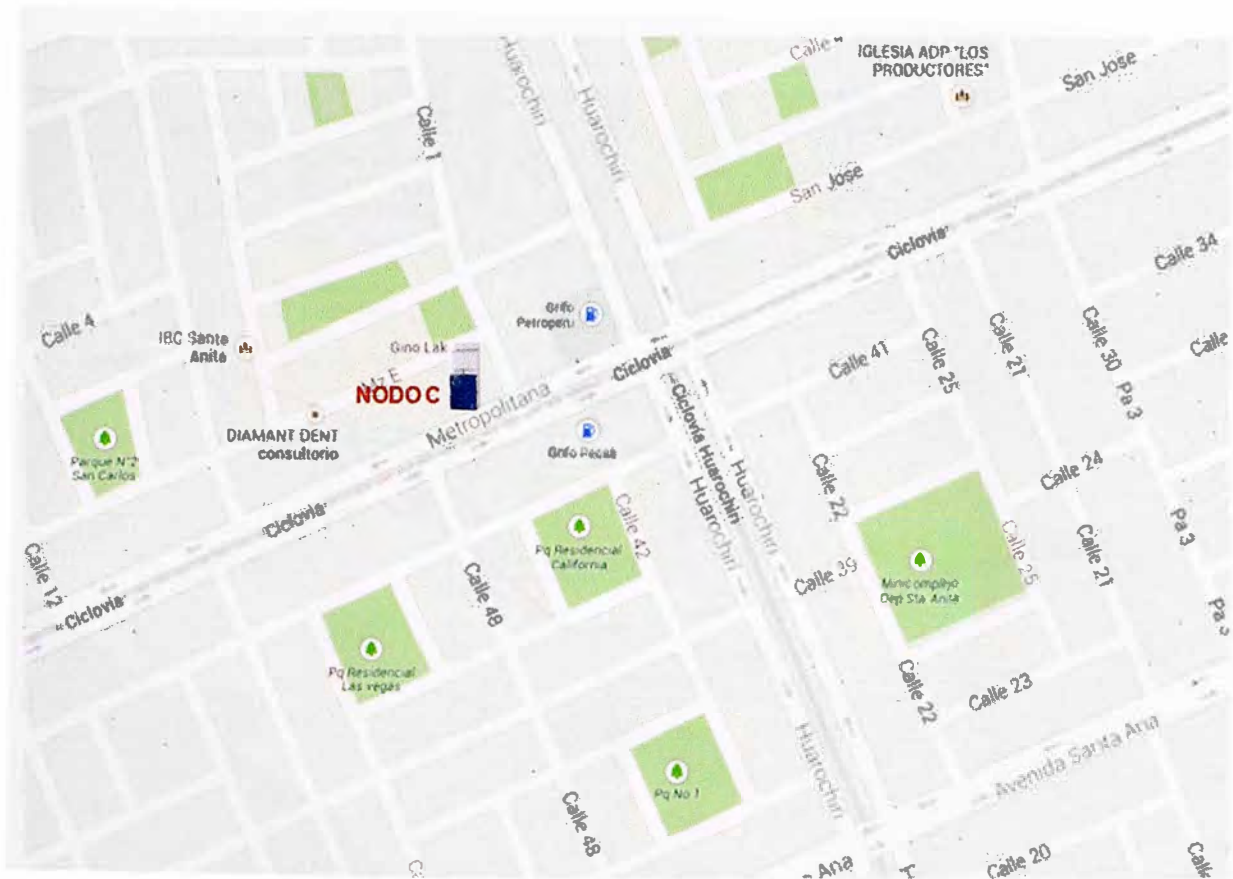


Fig 3.7.-Ubicación del Nodo Secundario C(Esquina entre la Av. Metropolitana y Calle 1, en el distrito de Santa Anita)

3.3.2 Establecimiento de los Enlaces Backbone

Se establecen los enlaces entre el Nodo Central y los Nodos Secundarios.

Tabla 3.7.-Establecimiento de los enlaces Backbone

Nº	ENLACES BACKBONE	LONGITUD INICIO	LATITUD INICIO	LONGITUD FINAL	LATITUD FINAL
1	NODO CENTRAL - NODO A	-77.013951°	-12.097518°	-77.075817°	-12.079721°
2	NODO A - NODO B	-77.075817°	-12.079721°	-77.023649°	-12.054988°
3	NODO B - NODO C	-77.023649°	-12.054988°	-76.955675°	-12.038109°
4	NODO C - NODO CENTRAL	-76.955675°	-12.038109°	-77.013951°	-12.097518°

La elección de recorrido de las rutas se realizan por las avenidas y/o calles denominadas como **Vías Principales** que están en la jurisdicción de los organismos Municipales: **GDU (Gerencia de Desarrollo Urbano)** y **GTU (Gerencia de Transporte Urbano)** debido a la factibilidad de la obtención de licencias de cableado en estas vías.

Posiblemente se generaran modificaciones de ruta según el estudio de campo al momento de tomar los datos necesarios para el diseño.

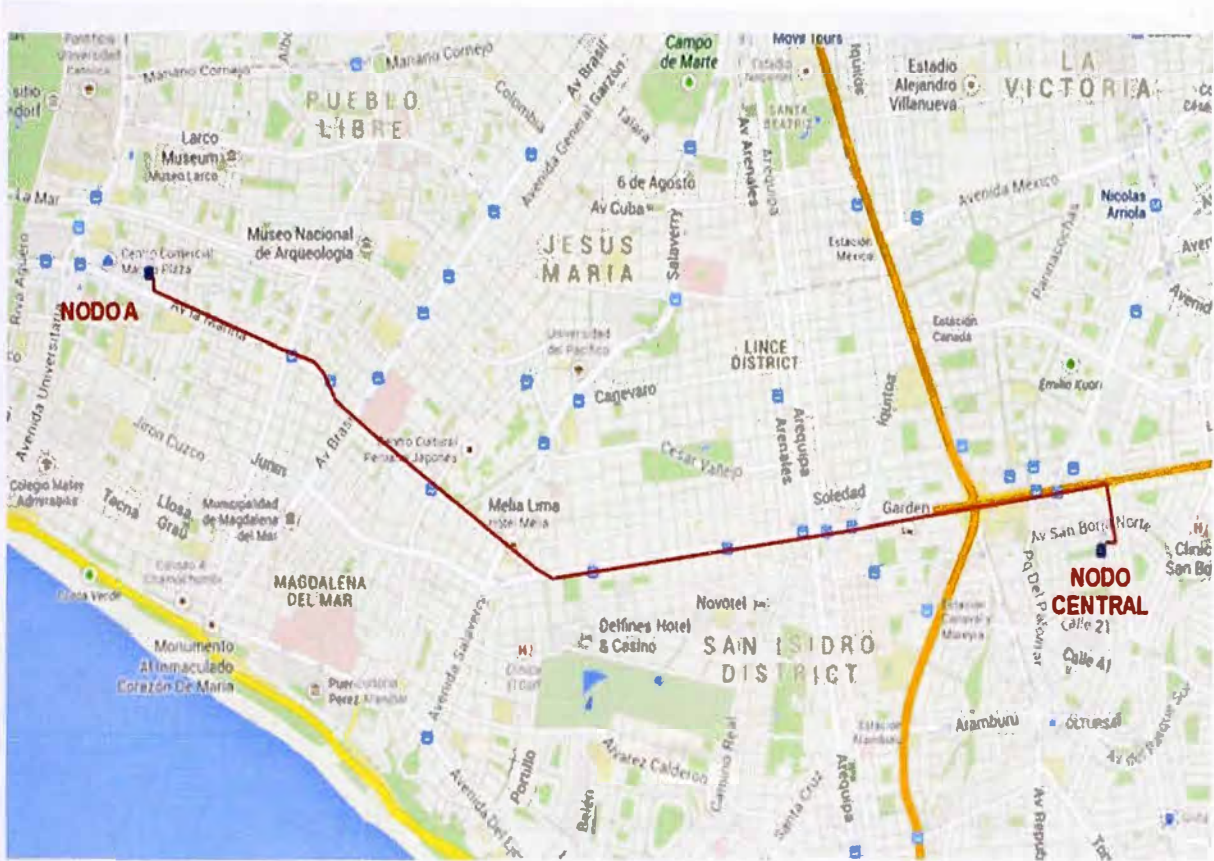


Fig 3.8.-Enlace Backbone NODO CENTRAL - NODO A

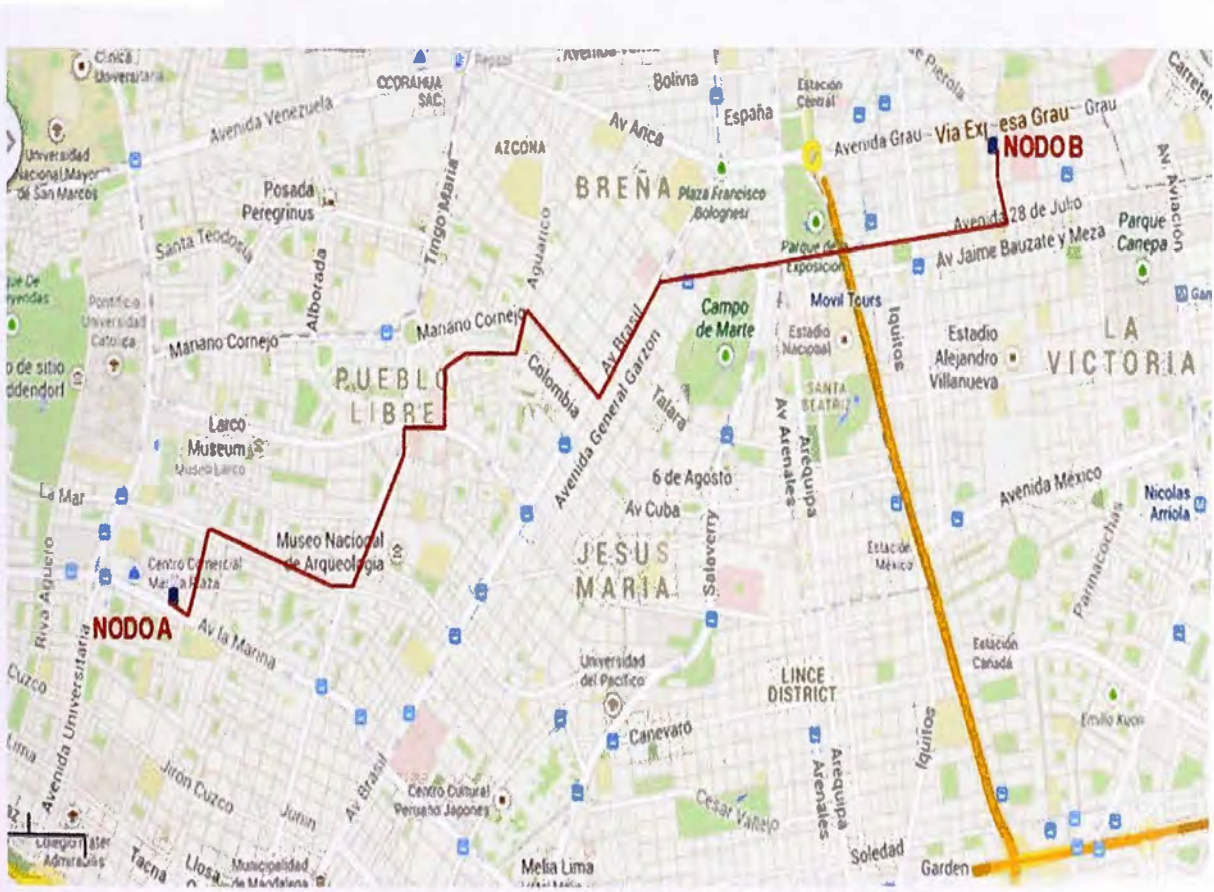


Fig 3.9.-Enlace Backbone NODO A - NODO B

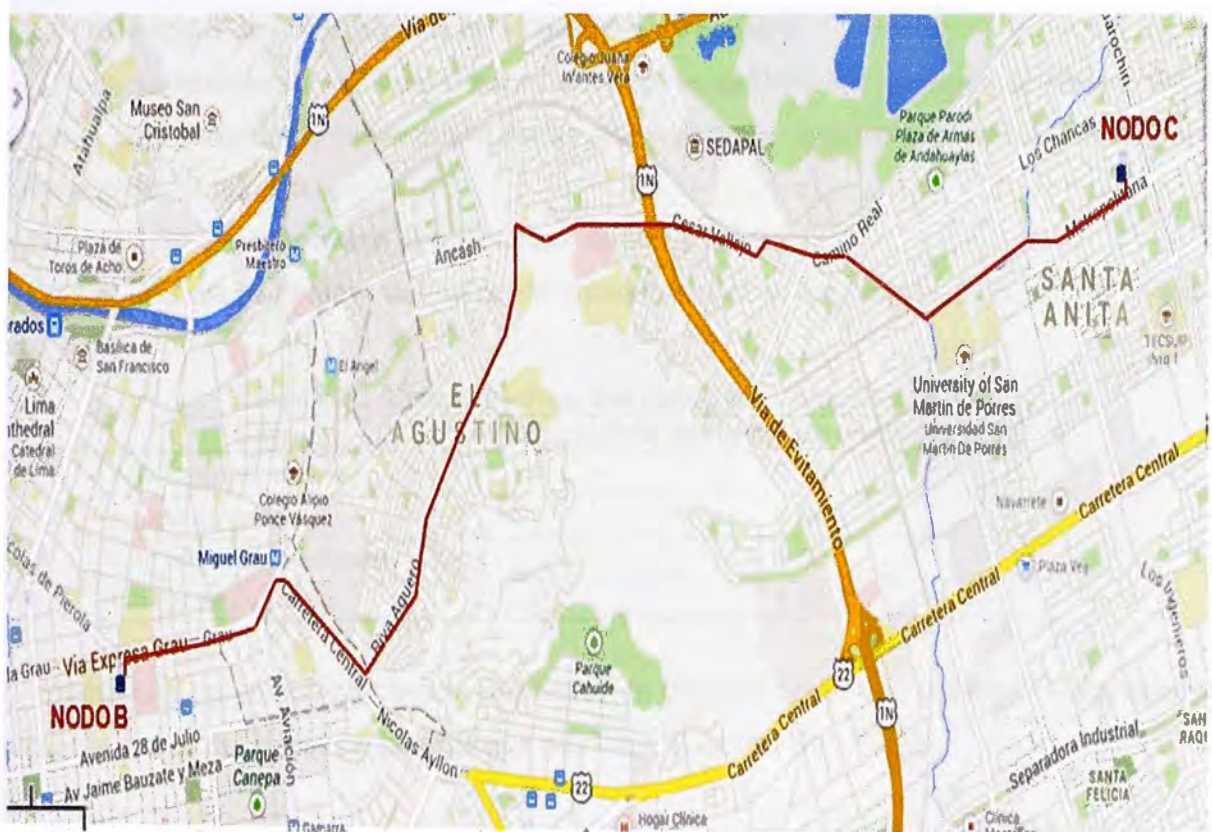


Fig 3.10.-Enlace Backbone NODO B - NODO C

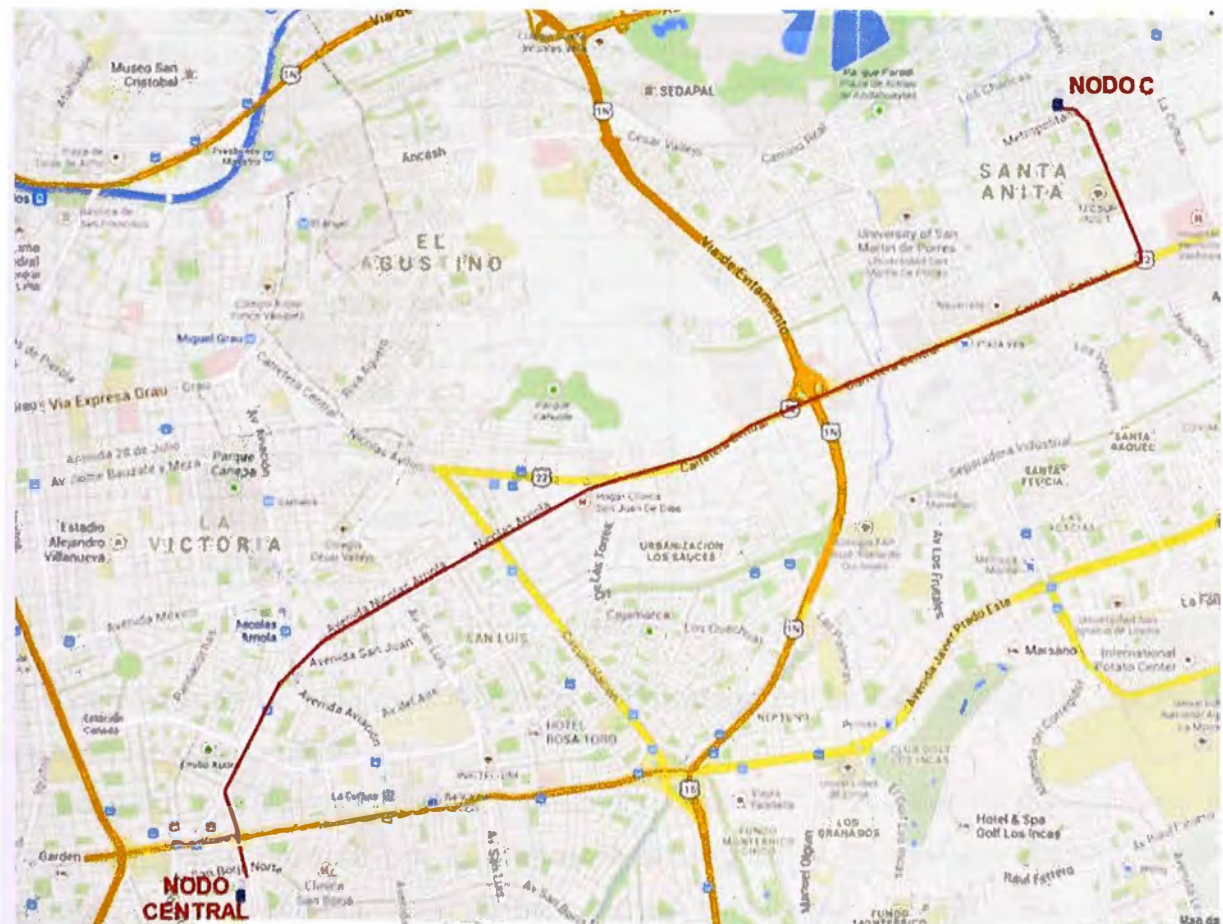


Fig 3.11.-Enlace Backbone NODO C - NODO CENTRAL

3.3.3 Obtención de información en el estudio de campo

Para la obtención de información durante el estudio de campo, debemos tener algunas consideraciones de normas dadas por empresas propietarias de los postes para cableado de comunicación.

a) Normas de las empresas propietarias de los postes

1.- Tener una altura mínima del cable de comunicación en los postes. (Luz del Sur, 1999, pág. S/N)

Tabla 3.8.-Altura mínima del cable de comunicación.

Caso	Altura mínima del cable de comunicación(m)
A lo largo de calles	5.40
Cruce de calles	5.90
A lo largo de avenidas	5.90
Cruce de avenidas	6.90

2.- Existe una cantidad establecida de cables de comunicación que pueden ser instalados según la altura del poste de la empresa eléctrica. (Luz del Sur, 1999)

Tabla 3.9.-Cuadro de cantidad de cables de comunicación que pueden ser instalados en los diferentes postes eléctricos.

Cantidad de cables de comunicación permitidos para la instalación						
Nº	Altura de poste(m)	Alimentación eléctrica	A lo largo de calles	Cruce de calles	A lo largo de avenidas	Cruce de avenidas
1	7.00	Subterránea	1	0	0	0
2	7.00	Aérea	0	0	0	0
3	8.00	Subterránea	4	2	2	0
4	8.00	Aérea	0	0	0	0
5	8.70	Subterránea	4	4	4	0
6	8.70	Aérea	1	0	0	0
7	9.00	Subterránea	4	4	4	1
8	9.00	Aérea	4	0	0	0
9	11.00	Subterránea	4	4	4	4
10	11.00	Aérea	4	4	4	4
11	11.50 a más	Subterránea	4	4	4	4
12	11.50 a más	Aérea	4	4	4	4

3.- Los postes de las empresas eléctricas están categorizados según el código que figura en la base de cada poste:

- **Tipo A/B1:** Los fierros corrugados están al descubierto, presentan costras gruesas de oxidación; y han perdido por lo menos la tercera parte de sección en uno o más puntos. Existe desprendimiento de concreto en varias zonas. (Luz del Sur, 1999, pág. S/N)

- **Tipo B2:** Se observa desprendimiento de concreto que deja al descubierto gran parte de los fierros. Los mismos que presentan una capa de oxidación. **No hay pérdida significativa de la sección del fierro.** (Luz del Sur, 1999, pág. S/N)
- **Tipo B3/C:** Presenta una o más rajaduras y aberturas. Puede haber un ligero desprendimiento de concreto. **El fierro se encuentra en buen estado y cubierto en su mayor parte por concreto.** (Luz del Sur, 1999, pág. S/N)



Fig 3.12.-Categoría del poste de Luz del Sur según su estado.

En resumen:

Tabla 3.10.-Resultado para el uso del poste según su estado.

Categoría de Poste	Resultado de uso para la instalación de cable de comunicación
Tipo A / B1	No óptima para el uso del poste
Tipo B2	No óptima para el uso del poste
Tipo B3 / C	Óptima para el uso del poste

4.- No está permitido la de instalación de cable de comunicación en postes de fierro.

5.- Mantener una distancia mínima de 0.60 metros por debajo de la línea de Red de Baja Tensión (BT) en postes de alumbrado público. (Luz del Sur, 1999)

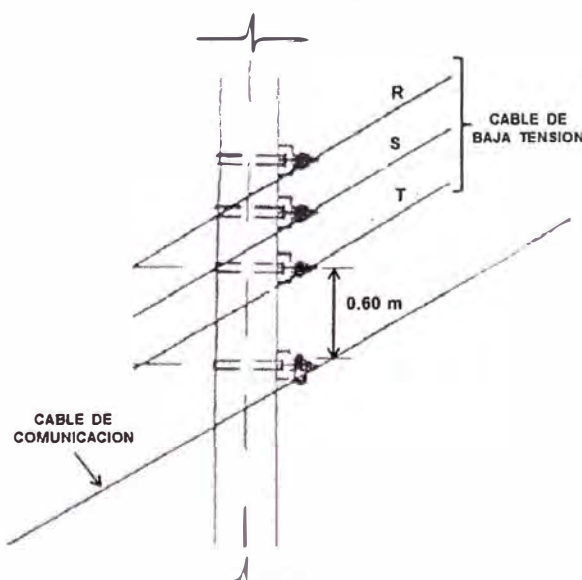


Fig 3.13.-Distancia entre la red de Baja Tensión(BT) y el cable de comunicación.

6.- No está permitido el cruce de cable de comunicación con la Red de Media Tensión (MT) o con la Red de Alta Tensión con postes de la empresa eléctrica, en estos casos la empresa eléctrica obliga a canalizar. Solo se podrá realizar este cruce con postes propios o de otra empresa. (Luz del Sur, 1999, págs. LI-3-020/11-13)

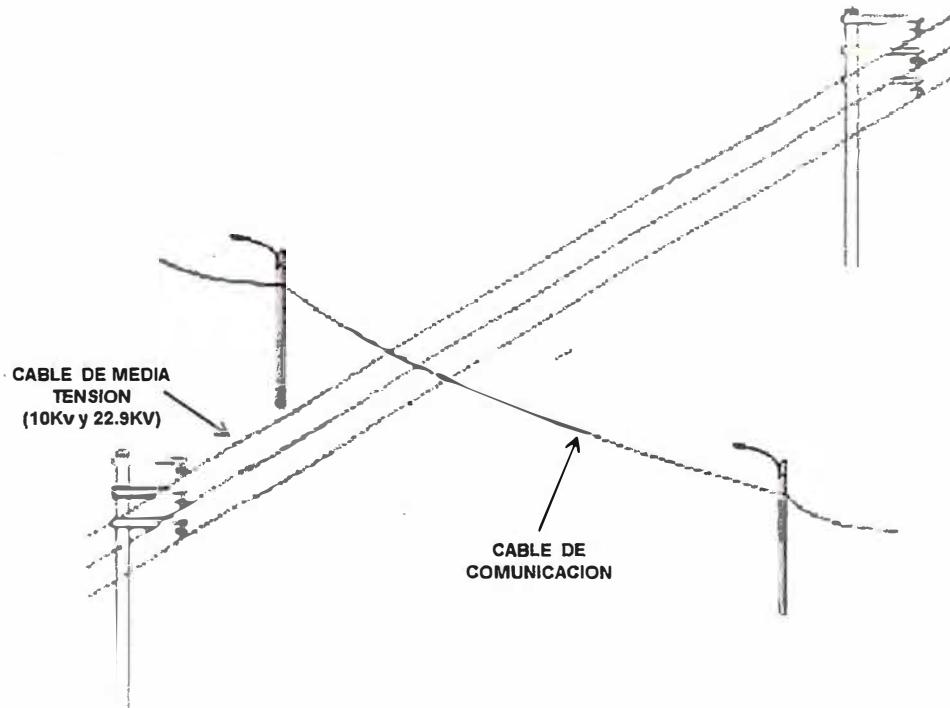


Fig 3.14.-Cruce entre Cable de Comunicación y Red de Media Tensión.

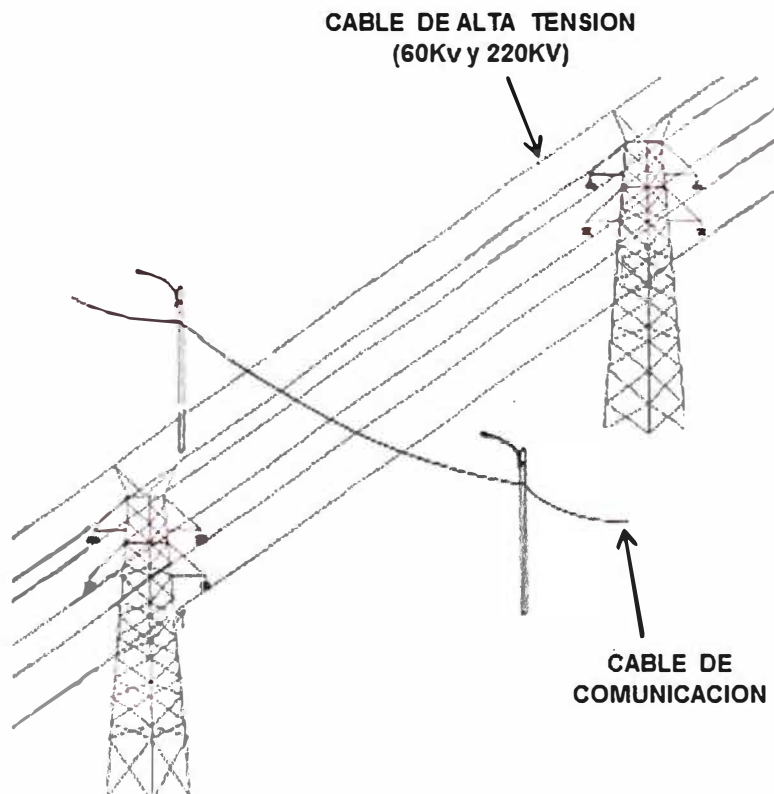


Fig 3.15.-Cruce entre Cable de Comunicación y Red de Alta Tensión.

7.- No está permitido la instalación de cable de comunicación en postes de Media Tensión. (Luz del Sur, 1999, págs. LI-3-020/13)

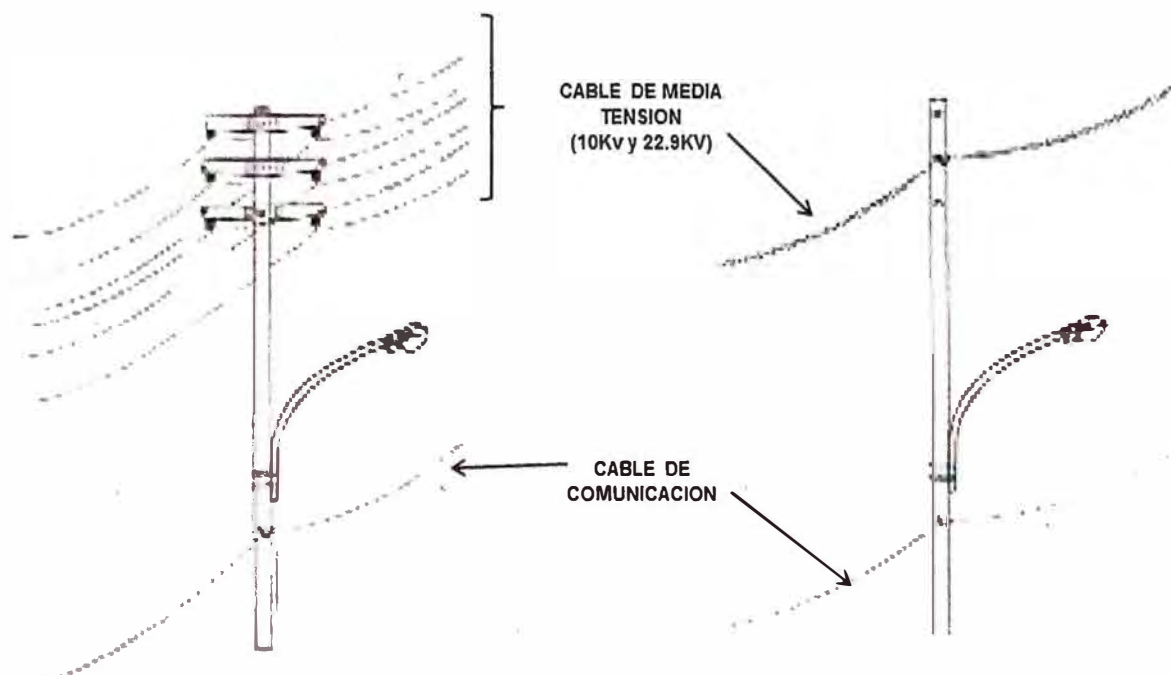


Fig 3.16.-No a la utilización de postes de la Red de Media Tensión.

8.- Instalación de retenidas de inicio y de fin en cada tramo, ya sea en postes con red existente o sin red existente. (Luz del Sur, 1999, págs. LI-3-020/10)

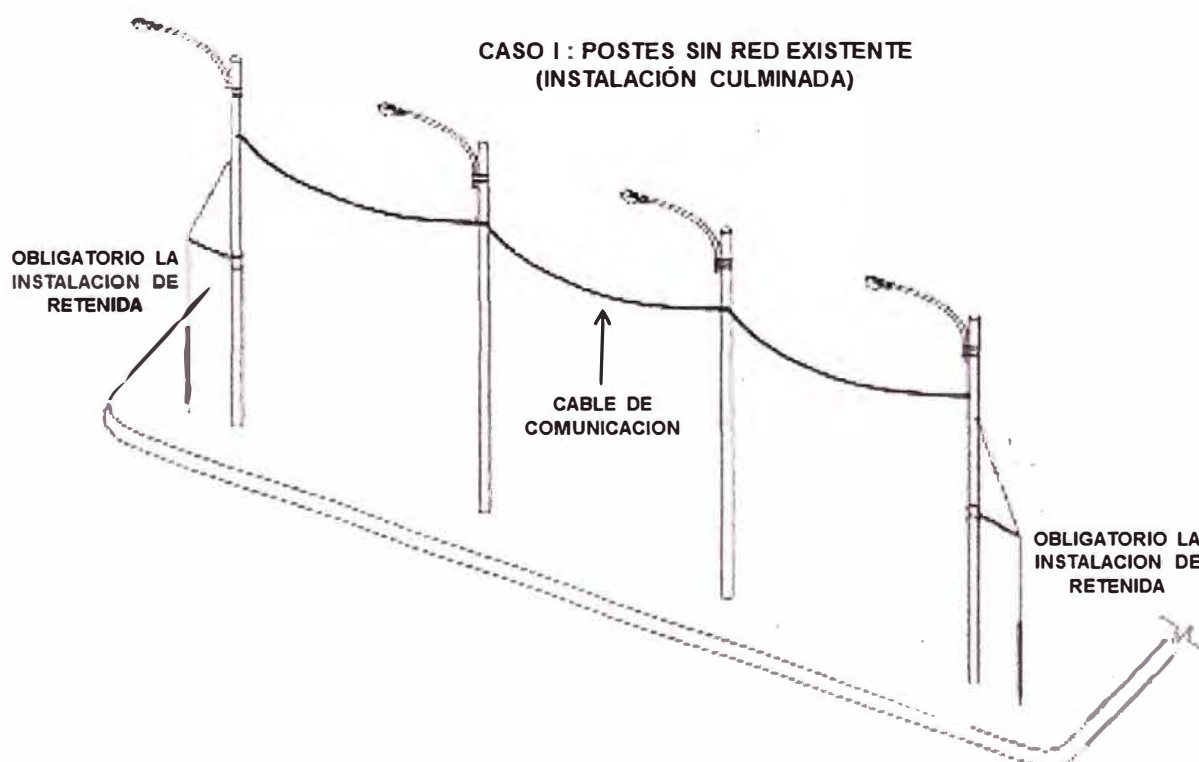


Fig 3.17.-Instalación de retenidas en postes sin red existente(Caso I).

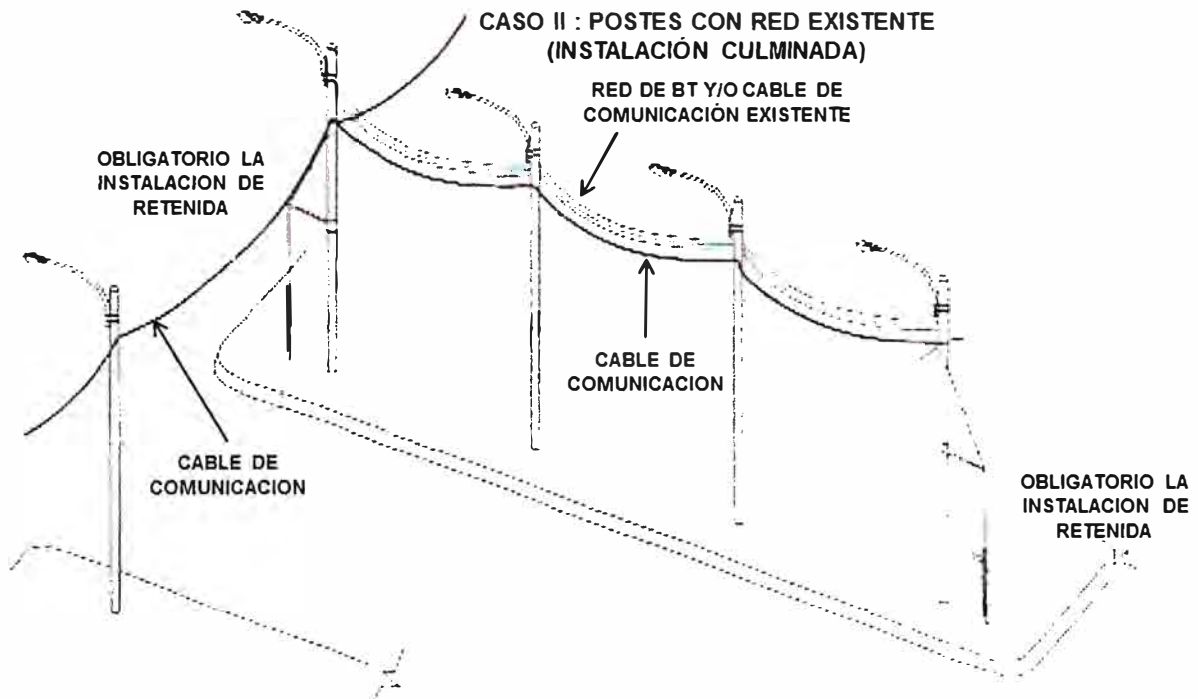


Fig 3.18.-Instalación de retenidas en postes con red existente(Caso II).

9.- No está permitido a la instalación de cable de comunicación en postes de la empresa eléctrica y de otra empresa en una sola cuadra.

b) Estudio de campo para proyección de rutas

Para la obtención de posicionamiento de los postes que se van a usar para los enlaces, se hará uso de un instrumento de **Sistema de Posicionamiento Global (GPS)**, este nos proporcionará la información de **coordenadas (Latitud y Longitud)**del poste y para medir la distancia que existe entre postes se hará uso de una **Rueda de medición de distancia(Rolla)** para así tener una medición más exacta.



Fig 3.19.- Implementos para el estudio: GPS Garmin 72H(Izquierda),Rolla(Centro) y Modo de uso de la rolla durante la medición de distancia entre postes(Derecha).

Además antes del estudio de campo es importante saber los posibles distritos que pueda incluir los diseños de los enlaces permiten el tendido de cableado aéreo.

Tabla 3.11.-Algunos distritos que permiten el Tendido de cableado aéreo.

Nº	DISTRITOS	PERMITE CABLEADO AEREO
1	SAN ISIDRO	NO
2	SURQUILLO	SI
3	LINCE	SI
4	JESUS MARIA	NO
5	PUEBLO LIBRE	SI
6	BREÑA	NO
7	LIMA CENTRO	NO
8	LA VICTORIA	SI
9	EL AGUSTINO	SI
10	SANTA ANITA	SI
11	ATE VITARTE	SI
12	SAN LUIS	NO
13	SAN BORJA	NO
14	MAGDALENA	NO
15	SAN MIGUEL	NO
16	MIRAFLORES	NO

Y también recordar la factibilidad de la obtención de licencias de cableado aéreo en las avenidas y/o calles denominadas como **Vías Principales** que están en la jurisdicción de los organismos Municipales: **GDU (Gerencia de Desarrollo Urbano)** y **GTU (Gerencia de Transporte Urbano)**.

i) Enlace Backbone NODO CENTRAL - NODO A

En la ejecución del planteo de esta ruta se realizó lo siguiente:

- Se modificó la propuesta de diseño en el lado de la avenida de Javier Prado debido a la existencia de muchos postes de fierro y otros postes de cemento que estaban señalados con códigos B1 y B2, todos estos postes pertenecientes a Luz del Sur(Si se procedía a realizar el planteo por esta avenida implicaría el cambio de todos estos postes lo cual se generaría un gasto adicional para el proyecto de la red Backbone).
- Se realizará una cámara subterránea (Cámara N°1) para el acceso hacia el Nodo Central, los detalles se mencionaran posteriormente.
- Para el acceso de la fibra óptica externa hacia el Nodo Central se realizará mediante un Canalizado N°1 desde el poste de telefónica (T1) hacia la Cámara N°1, los detalles se mencionaran posteriormente.
- En los distritos de Jesús María y San Isidro debido la negación de licencia para el cableado aéreo se realizó el planteo de ruta por vías perteneciente al GDU, en los otros

distritos como La Victoria, Lince y Pueblo Libre se tomaron vías pertenecientes al GDU y vías locales.

- En el diseño de ruta se proyecta la instalación de 12 retenidas verticales en los postes L1,L12,L15,L16,L58(2 retenidas),T60, E75(2 retenidas), E82(2 retenidas) y E114 para contrarrestar la tensión ejercida por el cableado en los vanos.
- Se instalará un brazo separador de 0.80m en el poste E94 debido a que no existe una línea de vista entre los postes E94 y E95.
- El detalle para el uso de postería ubicadas en las diferentes vías públicas para esta ruta se muestra en el **Anexo J(Tabla 1 y Tabla 2)**.

ii) Enlace Backbone NODO A - NODO B

En la ejecución del planteo de esta ruta se realizó lo siguiente:

- Se modificó la propuesta de diseño en el lado del distrito de Pueblo Libre debido a las reiteradas veces de cambio de dirección del cable, esto generaría una dificultad al cablear y un posible daño del cable; es por ello se buscó en lo posible recorridos de tramos rectos y de largas distancias.
- En la Av. 28 de Julio en el distrito de La Victoria se modificó la ruta debido que esa avenida no continuaba la presencia de postes de telefónica pero si existían postes de Luz del Sur con códigos B1 y B2 lo cual no eran óptimos para su uso.
- En los distritos de Lima Centro, Breña y Jesús María debido la negación de licencia para el cableado aéreo se realizó el planteo de ruta por vías perteneciente al GDU, en el distrito como La Victoria se tomaron vías perteneciente al GDU y vías locales.
- En el diseño de ruta se proyecta la instalación de 5 retenidas verticales en los postes E19, E25, E101, T46 y T71; adicionalmente se proyecta la instalación de 3 retenidas horizontales en los postes E3, E16 y E103 para contrarrestar la tensión ejercida por el cableado en los vanos.
- Se instalará 2 brazos separadores de 0.80m en los postes E7 y E34 debido a que no existe una línea de vista entre los postes E7 con E8 y E34 con E35 respectivamente.
- El detalle para el uso de postería ubicadas en las diferentes vías públicas para esta ruta se muestra en el **Anexo J(Tabla 3 y Tabla 4)**.

iii) Enlace Backbone NODO B - NODO C

En la ejecución del planteo de esta ruta se realizó lo siguiente:

- Se modificó la propuesta de diseño en la Av. Grau debido a la existencia de postes de fierro pertenecientes a Luz del Sur.
- Se realizará 3 canalizados (Canalizado 2, Canalizado 3 y Canalizado 4) para cruzar la Av. Aviación debido a la existencia del Tren Eléctrico en esa avenida. El Canalizado 2 va desde el poste de telefónica (T42) hacia la Cámara 2. El Canalizado 3 va desde la

Cámara 2 y Cámara 3. Finalmente el Canalizado 4 va desde la Cámara 3 hacia el poste de telefónica (T43), los detalles se mencionaran posteriormente.

- Para el cruce del puente de la Av. Evitamiento a través de la Av. Cesar Vallejo a la Av. Atarjea se realizará mediante un canalizado (Canalizado 5) tipo Sifón desde los postes de Edelnor(E93 y E94) esto es debido a sugerencia del GDU y EMAPE para el cruce en dicho puente, los detalles se mencionaran posteriormente.

- En el diseño de ruta se proyecta la instalación de 18 retenidas verticales en los postes T105 (2 retenidas), E96, E92, E45(2 retenidas), E41(2 retenidas), E4(2 retenidas), T66, E1, L6, L4, T47, T35, T31 y T9; adicionalmente se proyecta la instalación de 8 retenidas horizontales en los postes L7, E10, E11, E23, E24, E33, E34 y E52 para contrarrestar la tensión ejercida por el cableado en los vanos.

- Se instalará 4 brazos separadores de 0.80m en los postes E63, T108, T109 y T145 debido a que no existe una línea de vista entre los postes E63 con E64, T108 con T109, T109 con T110 y T144 con T145 respectivamente.

- El detalle para el uso de postería ubicadas en las diferentes vías públicas para esta ruta se muestra en el **Anexo J(Tabla 5 y Tabla 6)**.

iv) Enlace Backbone NODO C - NODO CENTRAL

En la ejecución del planteo de esta ruta se realizó lo siguiente:

- Se modificó la propuesta de diseño en la Av. Principal debido a la existencia una red de MT a lo largo de la avenida y la presencia de un transformador en el lado de la recta del poste de Telefónica (T7). Además debido a que propuesta de diseño atraviesa el Ovalo Arriola del cual por orden del GDU está prohibido cruzar ese ovalo.

- Se realizará un canalizado (Canalizado 9) tipo Sifón para cablear desde el poste de Luz del Sur (L53) hacia el poste de Luz del Sur (L54) ubicado en la berma central de la Av. Nicolás Arriola debido a la existencia de una red de MT a lo largo de dicha avenida, los detalles se mencionaran posteriormente.

- Se realizará 3 canalizados (Canalizado 6, Canalizado 7 y Canalizado 8) para cruzar la Av. Aviación debido a la existencia del Tren Eléctrico en esa avenida. El Canalizado 6 va desde el poste de Luz del Sur (L27) hacia la Cámara 4. El Canalizado 7 va desde la Cámara 4 y Cámara 5. Finalmente el Canalizado 8 va desde la Cámara 5 hacia el poste de Luz del Sur (L28), los detalles se mencionaran posteriormente.

- Se realizará un canalizado (Canalizado 10) tipo Sifón para cruzar el puente Trébol (Cruce de las Av. Nicolás Arriola y Av. Circunvalación) a sugerencia de EMAPE y GDU, este canalizado va desde el poste de Luz del Sur (L74) hacia el poste de Luz del Sur(L75) ubicados en la berma central de la Av. Nicolás Arriola, los detalles se mencionaran luego.

- Se realizará un canalizado (Canalizado 11) tipo Sifón para cruzar el puente (Cruce de las Av. Nicolás Arriola y Av. Manuel Echeandia) a sugerencia de EMAPE y GDU, este canalizado va desde el poste de Luz del Sur (L78) hacia el poste de Luz del Sur(L79) ubicados en la berma central de la Av. Nicolás Arriola, los detalles se mencionaran posteriormente.
- Se realizará un canalizado (Canalizado 12) tipo Sifón para cruzar el puente Santa Anita (Cruce de las Av. Nicolás Arriola y Av. Evitamiento) a sugerencia de EMAPE y GDU, este canalizado va desde el poste de Luz del Sur (L137) hacia el poste de Luz del Sur(L138), los detalles se mencionaran posteriormente.
- Se realizará un canalizado (Canalizado 13) tipo Sifón debido que la ruta de cableado cruza la red de MT que va a lo largo de la Av. La Molina, este canalizado va desde el poste de Luz del Sur (L151) hacia el poste de Luz del Sur(L152) ubicados en la berma central de la Av. Carretera Central, los detalles se mencionaran posteriormente.
- Se realizará un canalizado (Canalizado 14) tipo Sifón para cruzar el puente peatonal (Altura de la Av. Carretera Central y Calle Cisnes) a sugerencia de EMAPE y GDU, este canalizado va desde el poste de Luz del Sur (L157) hacia el poste de Luz del Sur (L158), ubicados en la berma central de la Av. Carretera Central, los detalles se mencionaran posteriormente.
- En el diseño de ruta se proyecta la instalación de 11 retenidas verticales en los postes T107, T62, L89, L79, L15, T40, T29 (2 retenidas), T25, T14 y T6; adicionalmente se proyecta la instalación de 6 retenidas horizontales en los postes L54, L74, T83, T93, L158 y L178 para contrarrestar la tensión ejercida por el cableado en los vanos.
- Se instalará un brazo separador de 0.80m en el poste T83 debido a que no existe una línea de vista entre los postes T82 y T83.
- El detalle para el uso de postería ubicadas en las diferentes vías públicas para esta ruta se muestra en el **Anexo J(Tabla 7 y Tabla 8)**.

En resumen cada ruta usará una cantidad de postería ya sea ubicado en vías municipales o vías pertenecientes al GDU/GTU, además tendrán una longitud de recorrido. Por lo tanto se detalla:

Tabla 3.12.- Resumen total de postería y kilometraje de las rutas

RESUMEN DE TOTAL DE POSTE Y KM DE LA RUTA			
Nº	RUTA	POSTES	KM
1	NODO CENTRAL - NODO A	266	9.31
2	NODO A - NODO B	220	8.337
3	NODO B - NODO C	302	10.54
4	NODO C - NODO CENTRAL	333	11.507
	TOTAL	1121	39.694

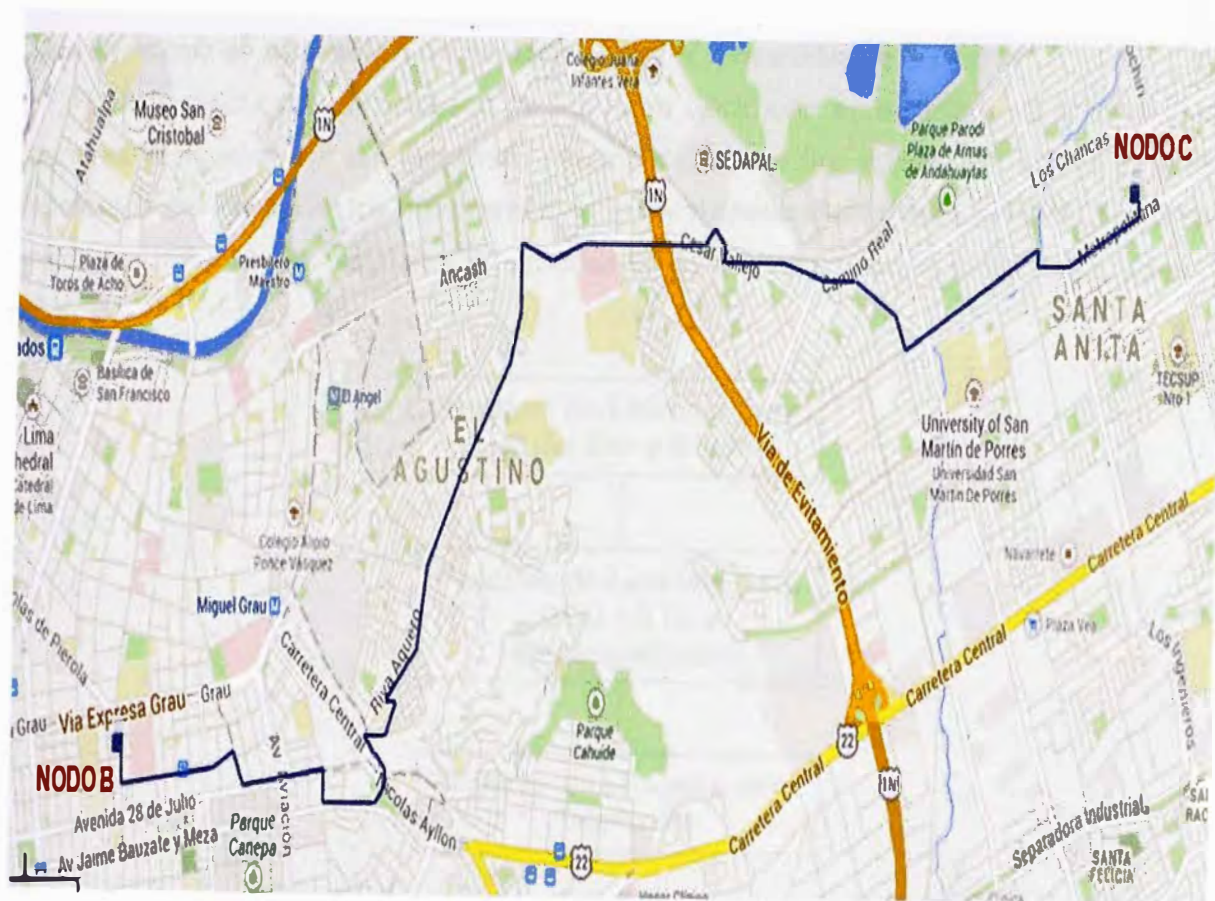


Fig 3.22.-Enlace Backbone Final NODO B - NODO C.

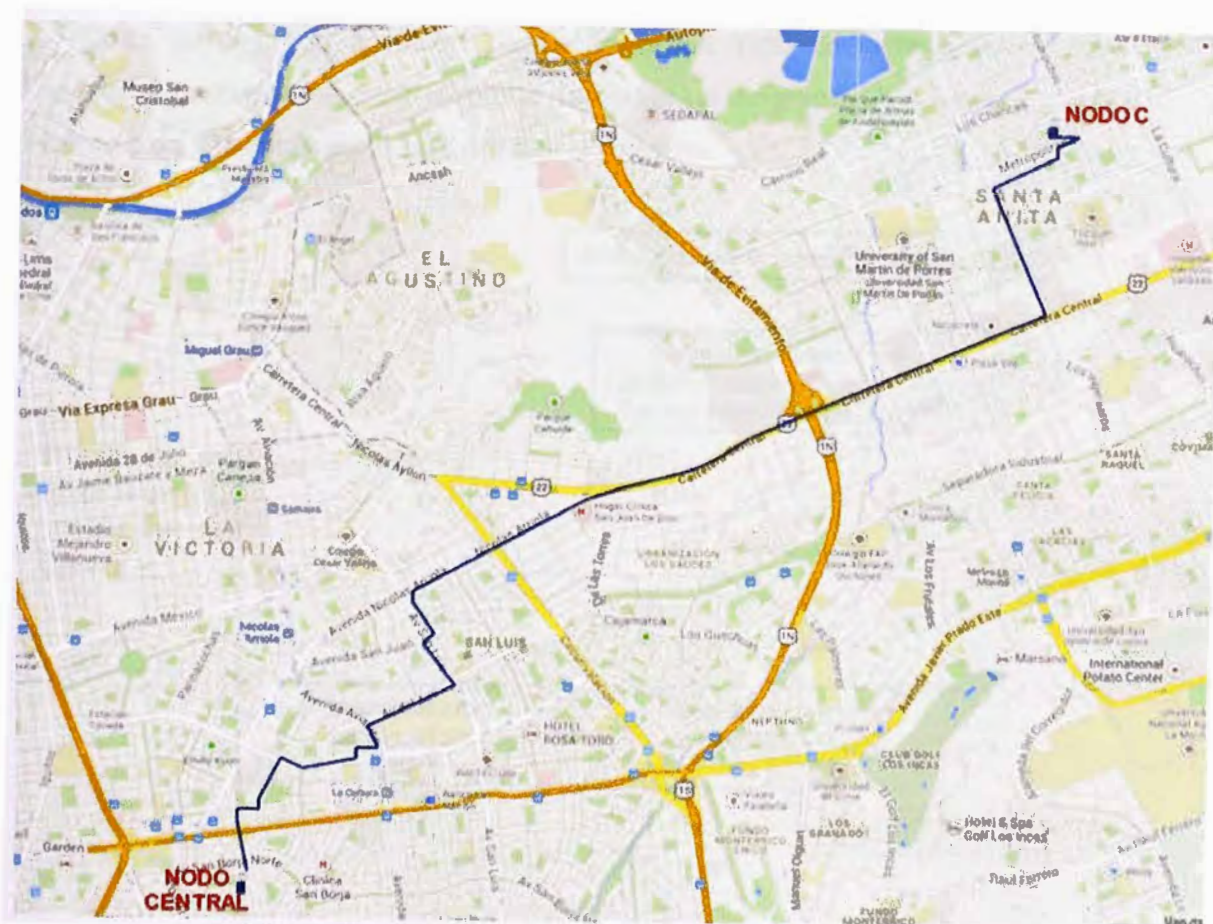


Fig 3.23.-Enlace Backbone Final NODO C - NODO CENTRAL.

3.3.4 Proceso de obtención de licencias para la ejecución de las rutas

Para la ejecución de cableado de las rutas Backbone es necesario la obtención de licencias otorgadas por las empresas eléctricas(Luz del Sur y Edelnor), por la empresa Telefónica del Perú, por los organismos de la Municipalidad de Lima(GDU/GTU) y por las entidades municipales distritales. El proceso de licitación se seguirá el siguiente orden de licitación.



Fig 3.24.-Orden para la licitación del cableado de la red.

Cada proceso de licitación posee un orden independiente para la obtención de licencia. A continuación describiremos mediante un diagrama de flujo cada proceso.

Proceso de Licencia para Luz del Sur y Edelnor

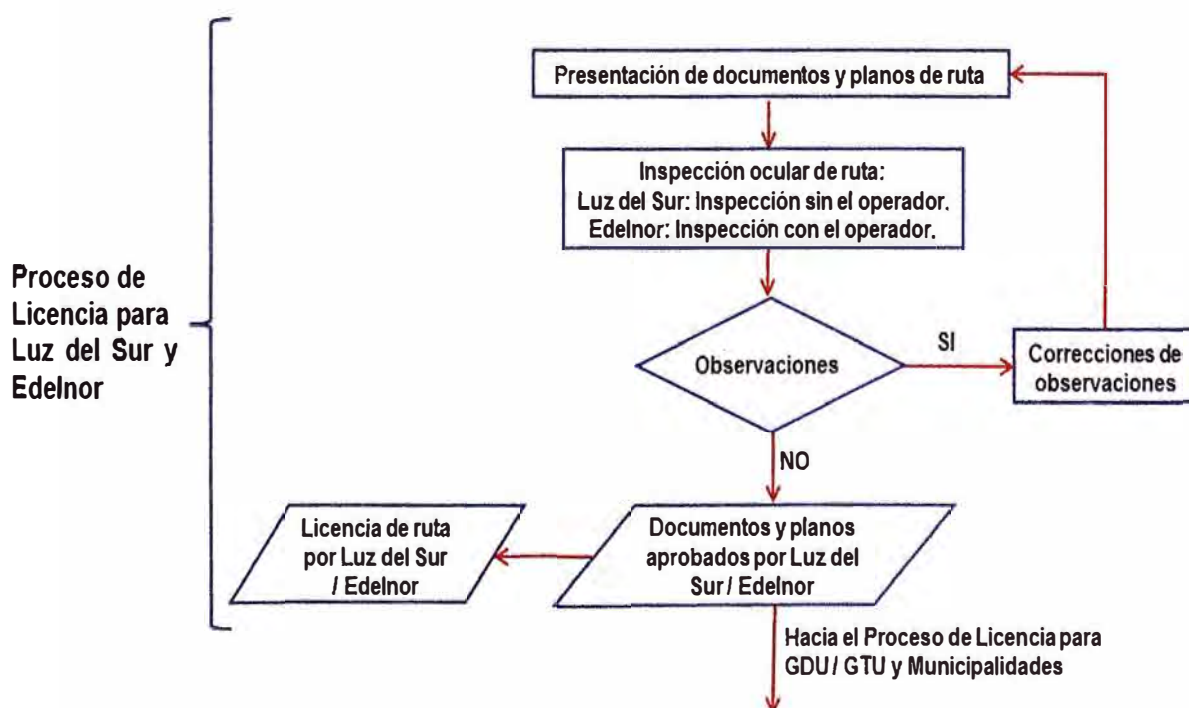


Fig 3.25.- Proceso de Licencia para Luz del Sur y Edelnor.

Proceso de Licencia para GDU / GTU y Municipalidades

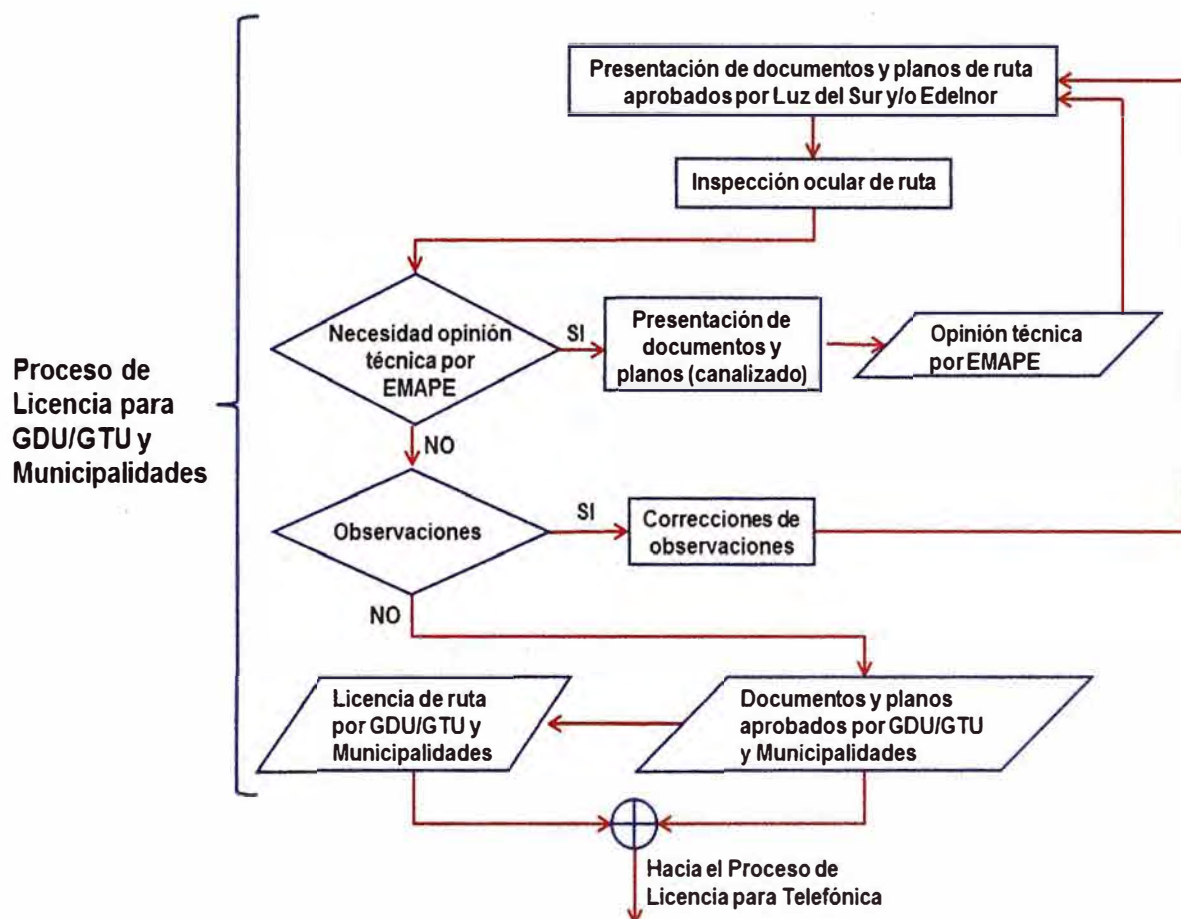


Fig 3.26.- Proceso de Licencia para GDU / GTU y Municipalidades
Proceso de Licencia para Telefónica

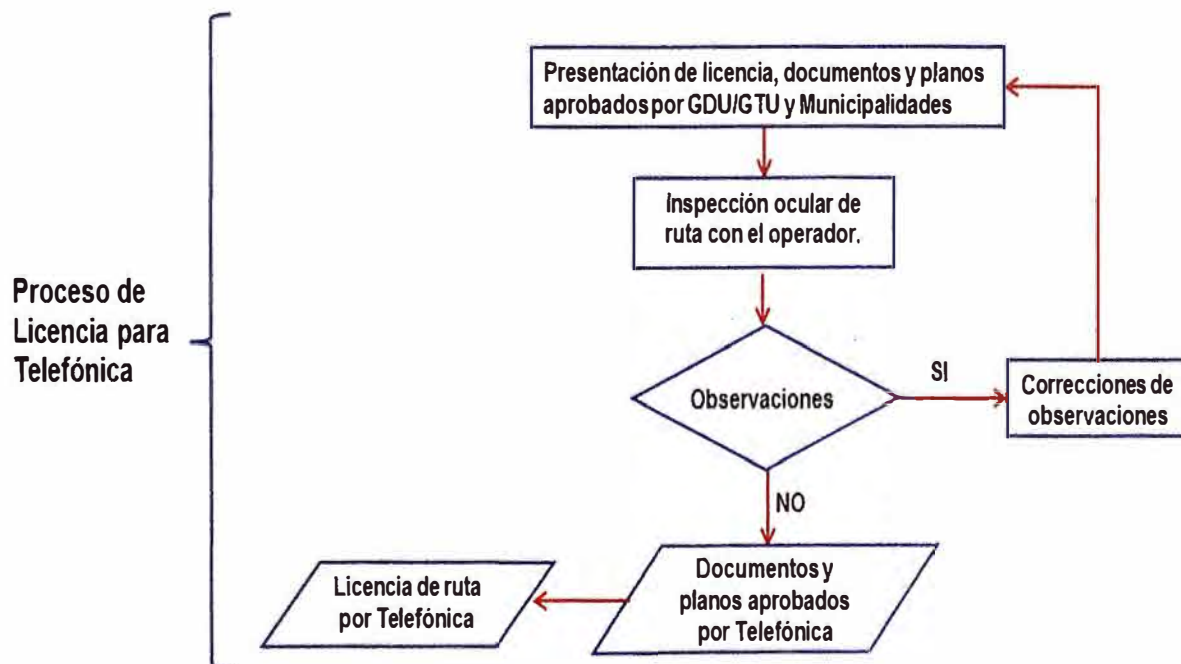


Fig 3.27.- Proceso de Licencia para Telefónica.

Luego al final de todos los procesos se obtienen las licencias de todos los entes:

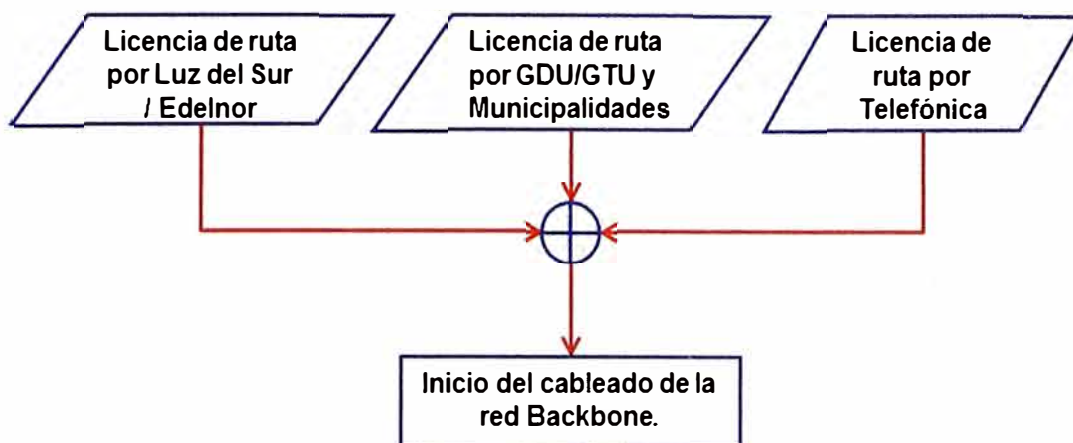


Fig 3.28.- Resumen de licencias para el inicio del cableado de la red Backbone.

3.3.5 Proceso de instalación de la red Backbone

Para el cableado de nuestras rutas Backbone involucraría dos procesos de cableado, estas son:

a) Proceso de instalación de cableado aéreo

i) Método de instalación aérea de fibra

En la instalación de fibra óptica autoportada existen dos maneras de realizar el cableado:

i.1) Tendido con carrete fijo

Es la manera usualmente empleada. Consiste en ubicar el carrete en una posición fija y direccionar el cable hacia arriba, mediante un dispositivo manteniendo el cable por lo alto y tirando siempre hacia adelante. (UNE EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES DE PEREIRA S.A., 2009, pág. 5)

a) La ubicación del carrete al inicio de la ruta, se ata el extremo de la fibra y haciendo pasar por el primer poste de la ruta del cableado. (Anónimo, 2008, pág. 6).

b) Se hace pasar la fibra autoportada a través de los accesorios instalados en todos los postes, al jalar el cable se debe de controlar el giro del carrete y también la tensión ejercida al momento de cablear. Si la ruta del cableado implica girar en las esquinas se puede hacer uso de poleas. (Anónimo, 2008, pág. 6)

c) La posición del carrete debe ser en la línea de los postes y manteniendo una distancia considerable hacia el primer poste (usualmente doble de distancia), en caso que no sea posible la ubicación del carrete en dicha posición se realizará esto procedimientos en una poste adyacente. (Anónimo, 2008, pág. 6)

d) La seguridad en el trabajo siempre es importante es por ello es necesario el uso de barreras y conos protectores como demarcación del área de trabajo con el área del

tránsito peatonal.

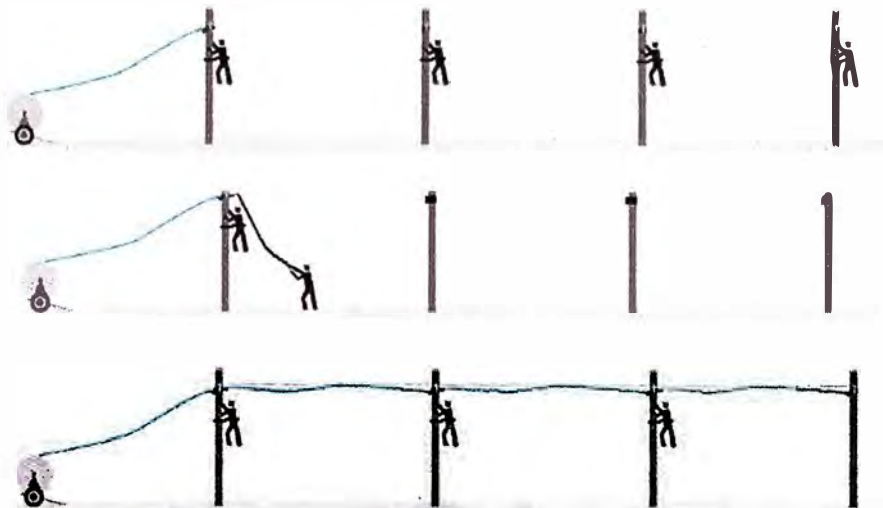


Fig 3.29.-Proceso de instalación de cableado aéreo mediante carrito fijo.

i.2) Tendido con desplazamiento de carrito

Es el otro método usado en el cableado de fibra óptica.

a) Se inicia colocando el cable en el primer poste de la ruta y dejando una reserva de fibra en este poste para la realización del empalme. Para el caso de las reservas, el enrollado de la fibra se debe mantener el radio mínimo de curvatura y sujeta en el accesorio instalada en el poste. (UNE EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES DE PEREIRA S.A., 2009, pág. 9)

b) Conforme avance la carreta en el remolque se debe de colocar el cable en todos los accesorios instalados en los postes que comprende la ruta del cableado (UNE EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES DE PEREIRA S.A., 2009, pág. 9).

c) En el momento que avanza lentamente el carrito se debe de dejar una reserva de fibra suelta en el suelo entre el remolque y el último poste con el propósito de que el remolque no tensione la fibra óptica. (UNE EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES DE PEREIRA S.A., 2009, pág. 9)



Fig 3.30.-Proceso de instalación de cableado aéreo mediante desplazamiento de carrito.

En el proceso de cableado aéreo de fibra óptica se tomará en cuenta lo siguiente:

- A lo largo de la ruta de cableado existirán puntos de ubicación de reserva con el propósito de solución de una futura avería, esta reserva debe ser por lo menos el 5% del cableado total de fibra óptica, se utilizara una cruceta sujeta con cinta band it además de dos soportes doble omega (dos juegos de cleps) con dos pinzas de retención (dos juegos de preformados) según requiera el caso. (VOX es Copaco, 2013, pág. 9)

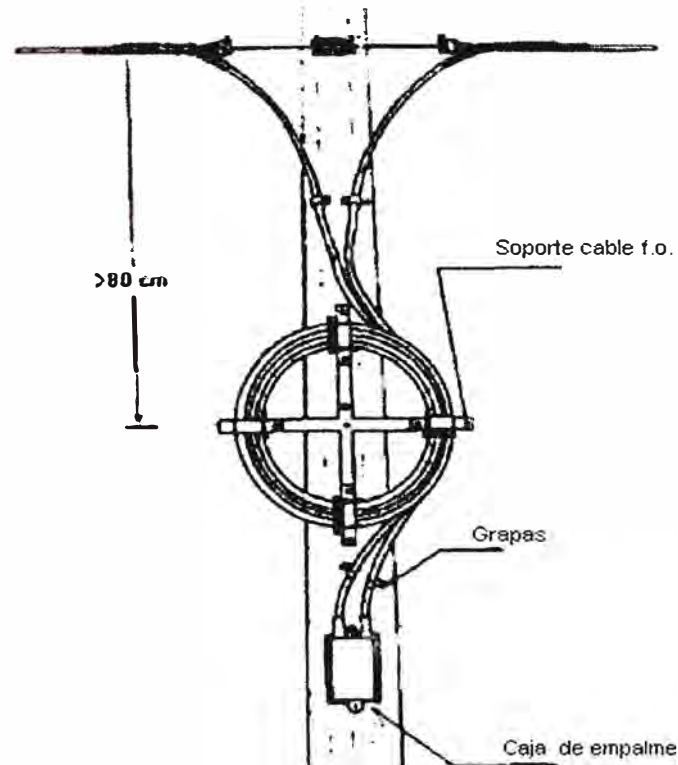


Fig 3.31.- Representación de reserva,cruceta y caja de empalme para la fibra óptica.

- Para los lugares donde se colocaran cajas de empalme para fin de bobina o para derivaciones se dispondrá de una cruceta sujeta con cinta band it, más dos soportes doble omega (dos juegos de cleps) con pinzas de retención (dos juegos de preformados) según requiera el caso, además de la caja de empalme que va sujeta con banda de acero o con cinta band it. (VOX es Copaco, 2013, pág. 9).

- En caso de que la línea de FO pase por un poste donde se encuentre un trafo (transformador eléctrico) si el transformador pertenece a Edelnor se procederá a la colocación de un brazo separador o si el transformador pertenece a Luz del Sur se procederá a canalizar.

- Para los cruces de calle se utilizaran soportes omega (dos juegos de cleps) con ojal más dos pinzas de retención (dos conjuntos preformados) según sea necesario.

ii) Calculo de ferretería y metraje de fibra óptica en la ruta Backbone

Antes de realizar el cálculo de metraje de fibra óptica debemos de tener en cuenta:

- Consideraremos que la reserva representara el 8% de la ruta Backbone, esta reserva será distribuida de manera proporcional a lo largo de la ruta e irá colocada en la cruceta que será instalada en el poste.

En la reserva de fibra óptica estaremos considerando unos 80 metros por cada punto de reserva.

- Consideraremos que al término de una bobina de fibra óptica se dejará 30 metros para el empalme con los 30 metros dejados de la siguiente bobina de fibra óptica.
- Consideraremos unos 50 metros desde el primer o último poste hacia el Nodo, esto es con la finalidad de que la fibra óptica desde la parte externa llegue al ODF, que se encuentra dentro del Nodo.
- Consideraremos una reserva adicional de fibra óptica de manera conveniente antes o después de los canalizados.

ii.1) Enlace Backbone NODO CENTRAL - NODO A

Para el cálculo de la reserva de fibra óptica, nos basaremos a partir de la distancia total aproximada de esta ruta Backbone (Tabla 3.13): 9.31 Km.

$$9310 \text{ metros} \times 8\% = 744 \text{ metros.}$$

Para la reserva estaremos incluyendo unos 744 metros de fibra óptica, ahora esta reserva lo distribuiremos de manera proporcional y conveniente.

Distribuiremos el total de reserva de fibra óptica de la ruta en una cierta cantidad de puntos de ubicación de reserva y que cada punto de ubicación de reserva tendrá unos 80 metros.

Entonces $744 \text{ metros} / 80 \text{ metros} = 9.3$, esto quiere decir que tendremos 9 puntos de reserva de fibra óptica de la siguiente manera:

$$744 \text{ metros} = 9(80 \text{ metros}) + 24 \text{ metros} = 8(80 \text{ metros}) + 1(104 \text{ metros})$$

Por lo tanto se tiene 8 puntos de ubicación de reserva de 80 metros y 1 punto de ubicación de reserva de 104 metros. Ahora para la distribución de estos puntos de reserva será de la siguiente manera:

$$9310 \text{ metros} / 10 = 931 \text{ metros}$$

Esto quiere decir que por lo menos cada 931 metros estará situado un punto de reserva de fibra óptica.

Conforme el **ANEXO K(Tabla 1)** se empleara 10333 metros de fibra óptica para cablear esta ruta (Teniendo en cuenta que se usará bobinas de 4000 metros de fibra óptica) entonces se usaran 2 bobinas enteras y 2333 metros de la tercera bobina; adicionalmente se usará 11 crucetas y 2 mufas.

Conforme el **ANEXO K(Tabla 2)** la cantidad total de ferretería que se usará en el cableado de fibra óptica de la ruta Nodo Central – Nodo A son:

- Suspensión (Chapa): 163 unidades.
- Tensión (Cleps): 202 unidades.
- Preformado: 202 unidades; sabiendo que por cada clep se usará un preformado y por

cada brazo separador se usará 2 unidades de preformado.

- Hebillas 3/4: 554 unidades; sabiendo que por cada chapa, par de cleps o cruceta se usará 2 unidades de hebillas 3/4.
- Mensajero: 60 metros de acero.
- Cinta band it 3/4: 387.8 metros de cinta; sabiendo que cada caja de cinta band it contiene 30.48 metros (100pies) de cinta por lo tanto se usará un total de 13 cajas de cinta band it.

ii.2) Enlace Backbone NODO A - NODO B

Para el cálculo de la reserva de fibra óptica, nos basaremos a partir de la distancia total aproximada de esta ruta Backbone (Tabla 3.15): 8.33 Km.

$$8330 \text{ metros} \times 8\% = 667 \text{ metros.}$$

Para la reserva estaremos incluyendo unos 667 metros de fibra óptica, ahora esta reserva lo distribuiremos de manera proporcional y conveniente. Distribuiremos el total de reserva de fibra óptica de la ruta en una cierta cantidad de puntos de ubicación de reserva y que cada punto de ubicación de reserva tendrá unos 80 metros.

Entonces $667 \text{ metros} / 80 \text{ metros} = 8.3$, esto quiere decir que tendremos 8 puntos de reserva de fibra óptica de la siguiente manera:

$$667 \text{ metros} = 8(80 \text{ metros}) + 27 \text{ metros} = 7(80 \text{ metros}) + 1(107 \text{ metros})$$

Por lo tanto se tiene 7 puntos de ubicación de reserva de 80 metros y 1 punto de ubicación de reserva de 107 metros. Ahora para la distribución de estos puntos de reserva será de la siguiente manera:

$$8330 \text{ metros} / 9 = 925 \text{ metros}$$

Esto quiere decir que por lo menos cada 925 metros estará situado un punto de reserva de fibra óptica.

Conforme el **ANEXO K(Tabla 3)** se empleara 8600 metros de fibra óptica para cablear esta ruta (Teniendo en cuenta que se usará bobinas de 4000 metros de fibra óptica) entonces se usaran 2 bobinas enteras y 600 metros de la tercera bobina; adicionalmente se usará 11 crucetas y 2 mufas.

Conforme el **ANEXO K(Tabla 4)** la cantidad total de ferretería que se usará en el cableado de fibra óptica de esta ruta son:

- Suspensión (Chapa): 139 unidades.
- Tensión (Cleps): 154 unidades.
- Preformado: 159 unidades; sabiendo que por cada clep se usará un preformado y por cada brazo separador se usará 2 unidades de preformado.
- Hebillas 3/4: 460 unidades; sabiendo que por cada chapa, par de cleps o cruceta se usará 2 unidades de hebillas 3/4.

- Mensajero: 220 metros de acero.
- Cinta band it 3/4: 322 metros de cinta; sabiendo que cada caja de cinta band it contiene 30.48 metros (100pies) de cinta por lo tanto se usará un total de 11 cajas de cinta band it.

ii.3) Enlace Backbone NODO B - NODO C

Para el cálculo de la reserva de fibra óptica, nos basaremos a partir de la distancia total aproximada de esta ruta Backbone (Tabla 3.17): 10.54 Km.

$$10540 \text{ metros} \times 8\% = 843 \text{ metros.}$$

Para la reserva estaremos incluyendo unos 843 metros de fibra óptica, ahora esta reserva lo distribuiremos de manera proporcional y conveniente. Distribuiremos el total de reserva de fibra óptica de la ruta en una cierta cantidad de puntos de ubicación de reserva y que cada punto de ubicación de reserva tendrá unos 80 metros.

Entonces $843 \text{ metros} / 80 \text{ metros} = 10.53$, esto quiere decir que tendremos 10 puntos de reserva de fibra óptica de la siguiente manera:

$$843 \text{ metros} = 10(80 \text{ metros}) + 43 \text{ metros} = 8(80 \text{ metros}) + 1(100 \text{ metros}) + 1(103 \text{ metros})$$

Por lo tanto se tiene 8 puntos de ubicación de reserva de 80 metros, 1 punto de ubicación de reserva de 100 metros y 1 punto de ubicación de reserva de 103 metros. Ahora para la distribución de estos puntos de reserva será de la siguiente manera:

$$10540 \text{ metros} / 11 = 958 \text{ metros}$$

Esto quiere decir que por lo menos cada 958 metros estará situado un punto de reserva de fibra óptica.

Adicionalmente se dejará 50 metros de reserva en las cámaras N° 2 y cámaras N°3 para un caso de averías en el canalizado N°3. Y también se dejará 80 metros de reserva en el poste E93 para un caso de averías en el canalizado N°5.

Conforme el **ANEXO K(Tabla 5)** se empleara 11953 metros de fibra óptica para cablear esta ruta (Teniendo en cuenta que se usará bobinas de 4000 metros de fibra óptica) entonces se usaran 2 bobinas enteras y 3953 metros de la tercera bobina; adicionalmente se usará 13 crucetas y 2 mufas.

Conforme el **ANEXO K(Tabla 6)** la cantidad total de ferretería que se usará en el cableado de fibra óptica de esta ruta son:

- Suspensión (Chapa): 191 unidades.
- Tensión (Cleps): 202 unidades.
- Preformado: 208 unidades; sabiendo que por cada clep se usará un preformado y por cada brazo separador se usará 2 unidades de preformado.
- Hebillas 3/4: 628 unidades; sabiendo que por cada chapa, par de cleps o cruceta se usará 2 unidades de hebillas 3/4.
- Mensajero: 459 metros de acero.

- Cinta band it 3/4: 439.6 metros de cinta; sabiendo que cada caja de cinta band it contiene 30.48 metros (100pies) de cinta por lo tanto se usará un total de 15 cajas de cinta band it.

ii.4) Enlace Backbone NODO C - NODO CENTRAL

Para el cálculo de la reserva de fibra óptica, nos basaremos a partir de la distancia total aproximada de esta ruta Backbone (Tabla 3.19): 11.507 Km.

$$\mathbf{11\ 507\ metros\ x\ 8\% = 920\ metros.}$$

Para la reserva estaremos incluyendo unos 920 metros de fibra óptica, ahora esta reserva lo distribuiremos de manera proporcional y conveniente. Distribuiremos el total de reserva de fibra óptica de la ruta en una cierta cantidad de puntos de ubicación de reserva y que cada punto de ubicación de reserva tendrá unos 80 metros.

Entonces **920 metros / 80 metros = 11.5**, esto quiere decir que tendremos 11 puntos de reserva de fibra óptica de la siguiente manera:

$$\mathbf{920\ metros = 11(80\ metros) + 40\ metros = 9(80\ metros) + 1(100\ metros) + 1(100\ metros)}$$

Por lo tanto se tiene 11 puntos de ubicación de reserva de 80 metros y 2 puntos de ubicación de reserva de 100 metros. Ahora para la distribución de estos puntos de reserva será de la siguiente manera:

$$\mathbf{11\ 507\ metros / 12 = 959\ metros}$$

Esto quiere decir que por lo menos cada 959 metros estará situado un punto de reserva de fibra óptica.

Conforme el **ANEXO K(Tabla 7)** se empleara 13523 metros de fibra óptica para cablear esta ruta (Teniendo en cuenta que se usará bobinas de 4000 metros de fibra óptica) entonces se usaran 3 bobinas enteras y 1523 metros de la cuarta bobina; adicionalmente se usará 17 crucetas y 3 mufas.

En cuanto a las reservas se ha distribuido los puntos de reserva de fibra óptica de manera adecuada teniendo en cuenta los puntos de canalizados (antes y/o después de cada canalizado por una posible avería en dichos puntos) y de acuerdo a la distancia del recorrido de la fibra óptica.

Conforme el **ANEXO K(Tabla 8)** la cantidad total de ferretería que se usará en el cableado de fibra óptica de esta ruta son:

- Suspensión (Chapa): 217 unidades.
- Tensión (Cleps): 182 unidades.
- Preformado: 205 unidades; sabiendo que por cada clep se usará un preformado y por cada brazo separador se usará 2 unidades de preformado.
- Hebillas 3/4: 670 unidades; sabiendo que por cada chapa, par de cleps o cruceta se

usará 2 unidades de hebillas 3/4.

- Mensajero: 431 metros de acero.

- Cinta band it 3/4: 469 metros de cinta, sabiendo que cada caja de cinta band it contiene 30.48 metros (100pies) de cinta por lo tanto se usará un total de 16 cajas de cinta band it.

Las especificaciones y dimensiones se especifican en los planos respectivos (ANEXO B, ANEXO C, ANEXO D y ANEXO E)

iii) Instalación de Retenidas Horizontales y Verticales en postes

iii.1) Consideraciones en la ubicación de retenidas

Para la instalación de retenidas debemos de tomar ciertas consideraciones:

1.- La retenida es un dispositivo que se instala a cierta distancia con la función de equilibrar la tensión total ejercida al poste debido a las fuerzas aplicadas por los elementos instalados en ella. Las cargas existentes en un poste son longitudinales, transversales y verticales. (Comisión Federal de Electricidad, 2010, pág. 504)

1.1.- Carga Vertical: Son las fuerzas ocasionadas por el peso de los elementos instalados como equipos, conductores o cables. (ENSA, 2011, pág. 1).

1.2.- Carga Transversal: Es la carga ocasionada por el viento en dirección horizontal y en formando un ángulo de 90° con la línea de cables, accesorios y estructura existente.

1.3.- Carga Longitudinal: Es la carga ocasionada por los cables o conductores que producen la inestabilidad del poste. (ENSA, 2011, pág. 1).

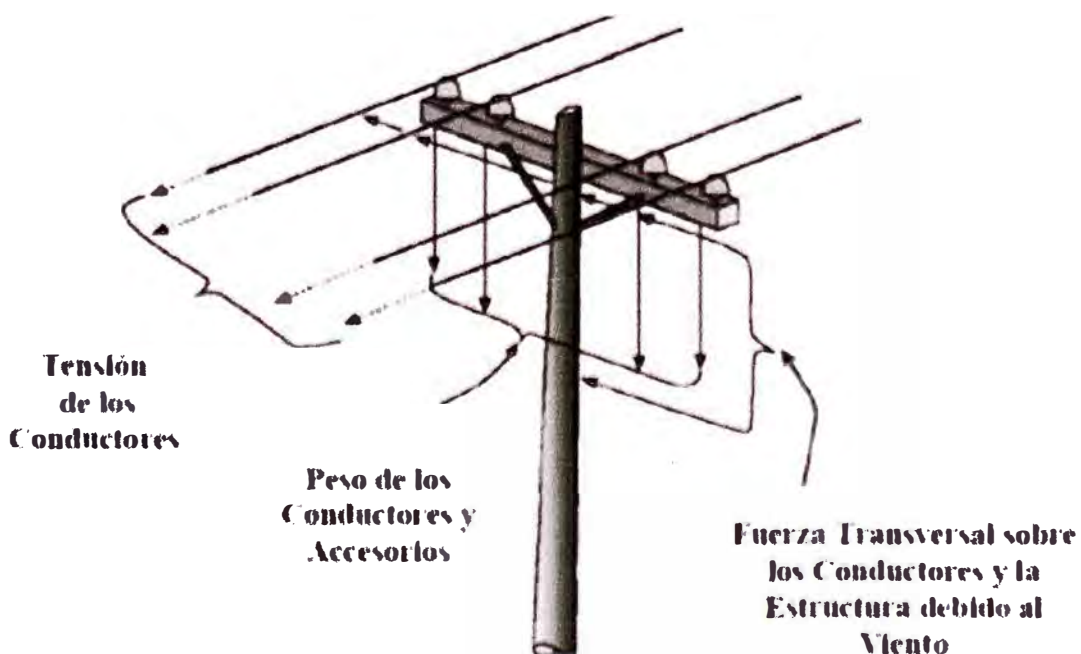


Fig 3.32.-Los esfuerzos existentes en un poste

2.- Son instaladas en oposición de la tensión total que ejercen los cables instalados. De existir más tensiones en diferentes direcciones la retenida se instalará en sentido opuesto y en la bisectriz que conforman dichas tensiones. (Comisión Federal de Electricidad, 2010).

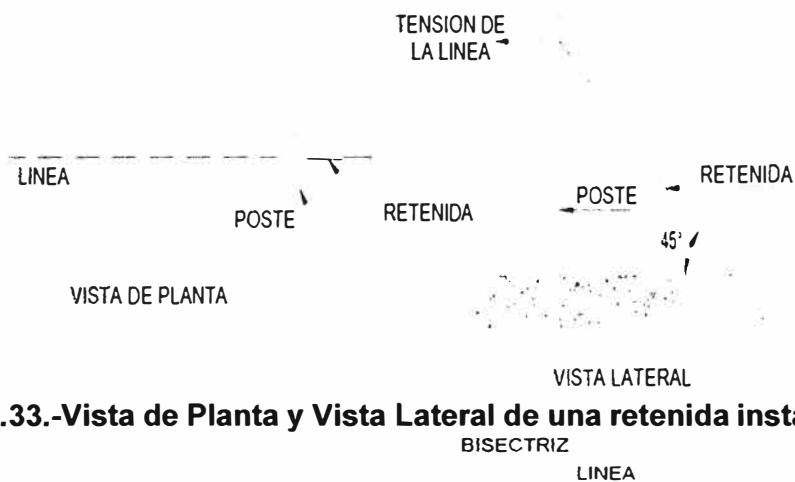


Fig 3.33.-Vista de Planta y Vista Lateral de una retenida instalada.



Fig 3.34.-Vista de Planta de una retenida instalada en la bisectriz de dos líneas.

- 3.- La ubicación de las anclas debe ser fuera del tránsito peatonal o vehicular, proximidades de los ríos debido a la humedad que presenta el terreno. (Comisión Federal de Electricidad, 2010, pág. 505).
- 4.- Las retenidas deben de llevar un protector con el fin de proteger la retenida o evitar los accidentes peatonales. Así como también no se debe de dejar hilos sueltos del cable trenzado para evitar accidentes. (Comisión Federal de Electricidad, 2010, pág. 505).
- 5.- El procedimiento de instalación de las retenidas antes de rematar el cableado, poniendo el poste con una inclinación opuesta al sentido de la carga de los cables. Luego de tensionar los cables el poste volverá a su estado vertical.(Comisión Federal de Electricidad, 2010, pág. 505).
- 6.- La ubicación de las retenidas es según posición de la postiería en la ruta del cableado: Retenida N° 1(Inicio de cableado), Retenida N° 2 (Cambios de dirección del cableado) y Retenida N° 3(Fin de cableado). (ENSA, 2011, pág. 3)

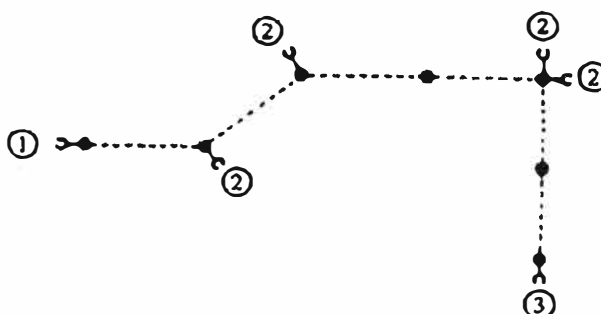


Fig 3.35.-Ubicación de retenidas según la instalación del cableado.

7.- Las retenidas se instalaran al aumento de cables aéreos en los postes.

iii.2) Tipos de retenidas a instalarse en el diseño de enlace

a) Retenida Horizontal o Retenida Aérea Sencilla

Se utiliza en cada inicio o final de línea, cuando exista cambio de dirección del cableado o en tramos rectos aproximadamente cada 15 postes (tramos largos).

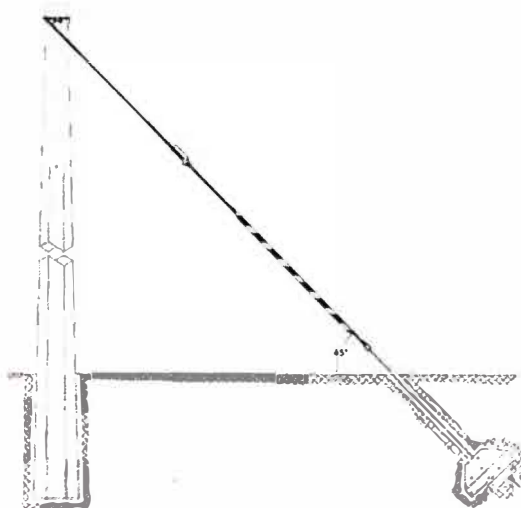


Fig 3.36.-Vista de Retenida Horizontal.

b) Retenida Vertical o Retenida Aérea de Acera o Tipo Violín: Se utiliza en los cambios de dirección del cableado, cuando por motivos de espacio no es posible utilizar una retenida normal (en vías peatonales reducidas) o en tramos rectos aproximadamente cada 6 a 9 postes (tramos cortos). La retenida se sujetara a una abrazadera o perno en la parte superior de poste y en un rango de 5' mínimo y 8' máximo hacia abajo (en la abrazadera o perno) se colocara el tubo de acero galvanizado con el propósito de conseguir un ángulos en la retenida entre 45° y 32° mínimos, para evitar que el poste se deforme debido al empotramiento del tubo galvanizado.

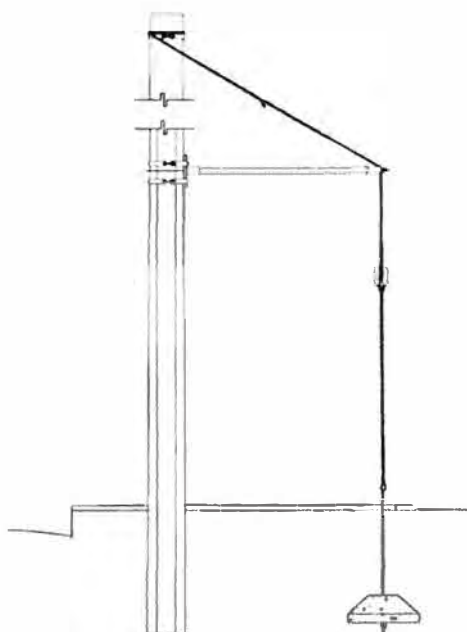


Fig 3.37.-Vista de Retenida Vertical.

iii.3) Proceso de instalación de retenidas

En la instalación de retenidas consiste en varios procesos:

Instalación del Tensor: Todas las retenidas deberán llevar un aislador de porcelana tipo tensor de color gris para una tensión mínima de 53 kN sujeto con dos terminales preformada para retenida de 3/8" o 5/16", la misma se colocara a cada lado del aislador tipo tensor de manera tal que el aislador quede vertical con respecto a su eje (ENSA, 2011, pág. 13). Sabemos el tipo de aislador depende del voltaje de las Líneas Primarias en el cual son apoyadas en la postería:

Tabla 3.13.-Detalle del aislador tipo R

Aislador tipo R para el uso en retenidas			
Voltaje(KV)	13	23	33
Aislador	3R	3R	4R

En nuestro proyecto el tipo de aislador que se usará es **3R**, esto es porque la portería a usarse son pertenecientes a Telefónica del Perú, Luz del Sur (Alumbrado Público) y Edelnor (Alumbrado Público).



Fig 3.38.-Aislador tipo 3R.

Instalación de Ancla:

Para la instalación de un ancla es importante primero determinar el tipo de suelo donde se proyecta la instalación y luego la elección del tipo de ancla a utilizar. El siguiente cuadro detalla estos dos puntos:

Tabla 3.14.- Detalle del tipo de ancla.

Ancla Tipo	Resistencia a la tensión en el suelo tipo(Kg)		
	Blando	Normal	Duro
C-1	1731	2992	3702
C-3	2729	4653	5726
A-1	4985	8609	10648
A-2	2548	2548	2548

Detalle:

- Suelo Tipo Blando: Arena, arcilla suelta y arcilla con arena.
- Suelo Tipo Normal: Tierra común.

- Suelo Tipo Duro: Tepetate, grava y roca.

Los tipos de ancla mencionados:

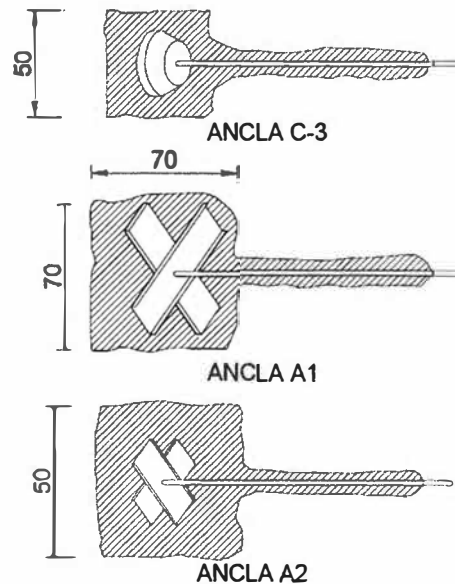


Fig 3.39.- Tipo de Ancla.

Para la instalación de anclas, el tipo del suelo es **Normal** y debido a los cables existentes en la postería usaremos el tipo de **Ancla C-3**.

- “Realizar una excavación a una profundidad de 1.40cm para que la inclinación del perno ancla sea de 45° con respecto a la horizontal” (Comisión Federal de Electricidad, 2010, pág. 69).
- La instalación del perno ancla quedará a 20 cm sobre el piso de la obra finalizada y la alineación del perno ancla al punto de sujeción del cable de la retenida es por medio de una zanja. (Comisión Federal de Electricidad, 2010, pág. 69).
- “El relleno de la zanja debe hacerse con el mismo material extraído del terreno, compactándolo cada 20 cm” (Comisión Federal de Electricidad, 2010, pág. 71).

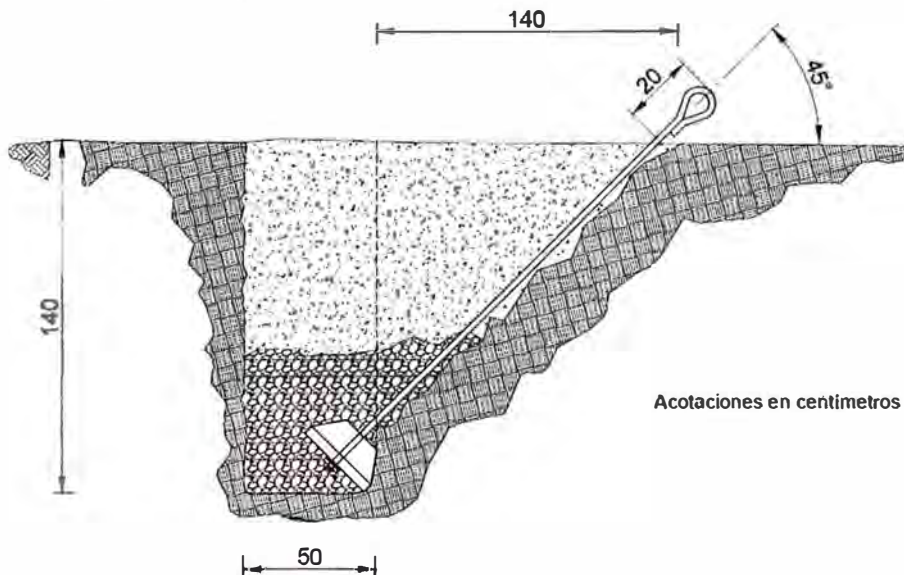


Fig 3.40.- Instalación de ancla y varilla para la retenida.

Las especificaciones y dimensiones se especifican en los planos respectivos (ANEXO F)

b) Proceso de instalación de cableado subterráneo (canalizado)

i) Técnicas de cableado subterráneo de fibra óptica

i.1) Técnica de tracción a medio punto

- Consiste en la determinación del punto medio de tracción del tramo, con este método se puede controlar la tensión del cable desde el extremo al punto medio. En la cámara intermedia se puede emplear un asistente o cabrestante (UNE EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES DE PEREIRA S.A., 2009, pág. 6).

Extracción de cable a medio punto



Fig 3.41.-Representación de técnica de tracción a medio punto.

- Para la facilidad del cableado subterráneo se puede desenrollar el cable del carrete y formar el cable desenrollado en forma de 8, una vez realizado esto se tira desde el extremo del cable y el cable comenzará a desenrollarse desde la parte superior de la figura de 8. (UNE EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES DE PEREIRA S.A., 2009, pág. 7).

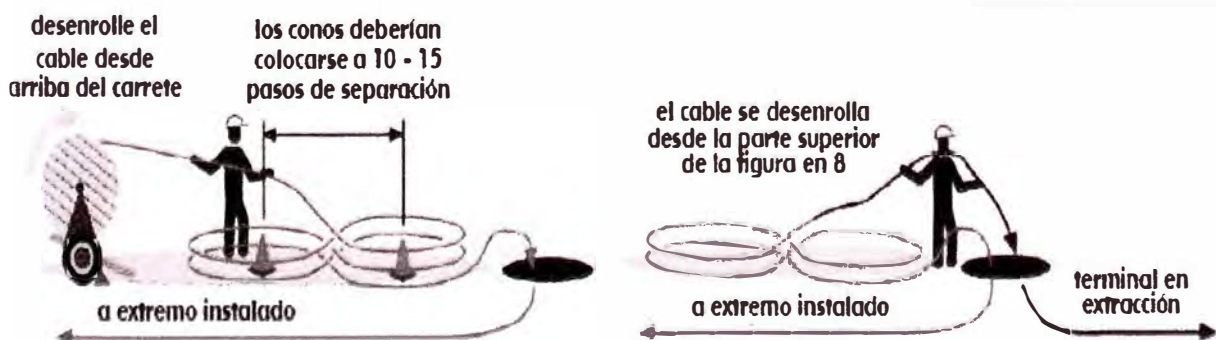


Fig 3.42.-Representación de técnica de formación en 8 en el cableado.

i.2) Técnica de extracción en etapas a ubicaciones intermedias

- Consiste el mismo método del anterior método pero con la diferencia que se extrae el cable de la cámara intermedia hacia la superficie para formar la figura de 8.

(UNE EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES DE PEREIRA S.A., 2009, pág. 7)..

- Con el extremo del cable se prosigue con el cableado desde la cámara intermedia hasta la siguiente cámara intermedia o cámara final. (UNE EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES DE PEREIRA S.A., 2009, pág. 8).

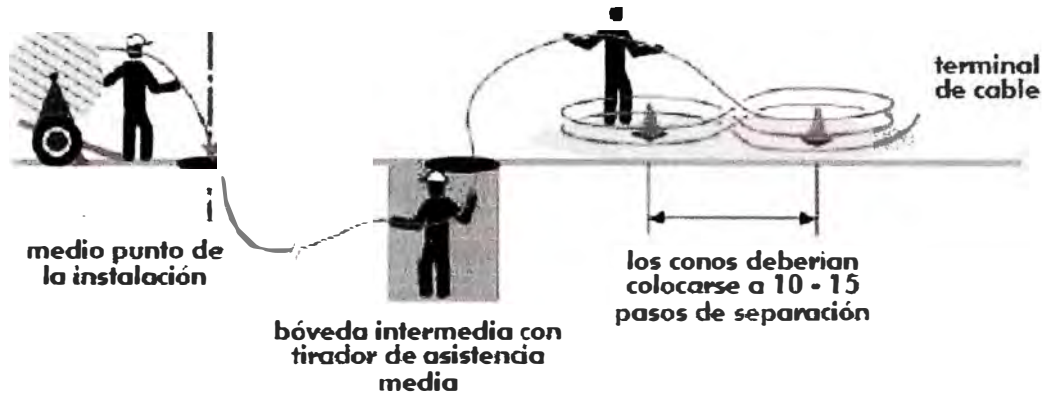


Fig 3.43.-Representación de técnica de extracción en etapas a ubicaciones intermedias.

ii) Construcción de Cámaras subterráneas, ductería subterránea y sifón

ii.1) Consideraciones previas para el diseño de las obras civiles

- Durante el diseño de la obra civil proyectada (cámara subterránea, ductería subterránea y/o sifón) es necesario conocer que tipos de redes de servicios (redes de alcantarillado, redes de gas o redes eléctricas subterráneas) existen en el lugar de proyección de la obra civil. Dependiendo de la existencia de redes de servicios se modificará el diseño del proyecto conforme las redes de servicios existentes.

- Máxima distancia de tracción.
- El acceso a las cámaras y/o ductos para la realización del trabajo.
- Periodos de trabajo.
- Interrupción de tráfico generado por la ejecución del trabajo.
- El número de tramos inclinados y curvos sobre una longitud de tendido.

ii.2) Ejecución de obras civiles

Antes de la ejecución de las obras civiles se deberá adquirir conocimiento detallado de las características e hidrológicas del suelo a lo largo del trazado, especialmente en aquellos aspectos relativos a las propiedades físicas y mecánicas del suelo, niveles freáticos, áreas, etc.

Las excavaciones deberán hacerse por medios mecánicos o a mano de tal forma que se garanticen la ejecución de la obra.

Además cuando las excavaciones se realicen en la inmediaciones de estructuras, tuberías, cables o viviendas existentes, se tomará las precauciones que sean necesarias para evitar algún daño a lo existente como por ejemplo apuntalar cuando exista la probabilidad de derrumbes o cuando la excavación este muy cercana a estas mencionadas. En el caso si se encuentra en el fondo de la zanja material de mala calidad, como arcillas expansivas, se deberá excavar 0.30m más de profundidad y reemplazarlo con material granular compactado. (SITM de Barranquilla y su Área Metropolitana, 2008, pág. 6)

a) Cámara Subterránea

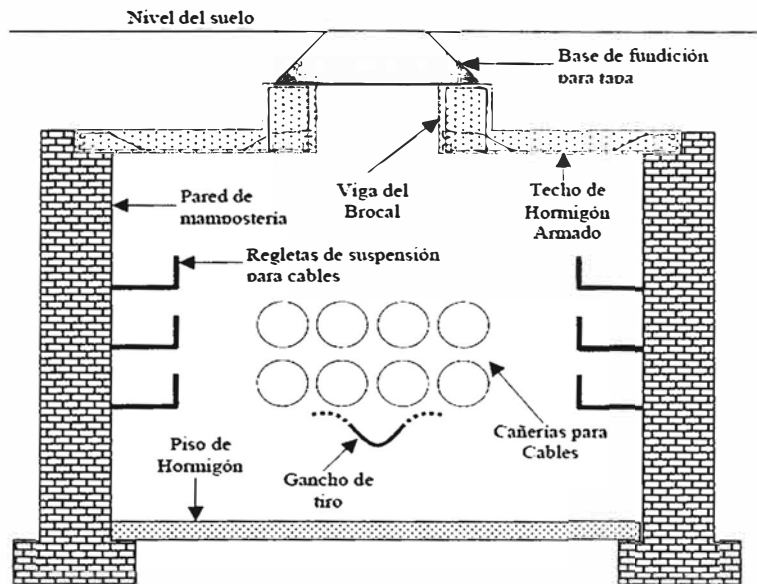


Fig 3.44.-Representación típica de cámara subterránea.

Las cámaras serán construidas como se detallan:

- **Piso:** El piso de las cámaras tendrán un espesor de 0.1 metros. El concreto a usarse deberá tener una resistencia de compresión de 245Kg/cm², con hormigón (mezcla) de proporción de 3x2x1 (3 partes de piedra, 2 de arena y 1 de cemento pórtland). Reforzada con una armadura de fierro de $\varnothing 3/8$. En la parte central contará con un sumidero (filtro) que permita evacuar los líquidos ajenos a las instalaciones y para ello el piso deberá tener una pendiente de 2% hacia el sumidero.

- **Paredes:** Las paredes serán de un ancho de 0.2 metros. El concreto a usarse deberá tener una resistencia de compresión de 245Kg/cm², con la mezcla (mortero) de proporción de 3x2x1 (hormigón 3x2x1 (3 partes de piedra, 2 de arena y una de cemento pórtland). Reforzada con una armadura de fierro de $\varnothing 3/8$.

- **Techo:** El techo de las cámaras tendrán un espesor de 0.2 metros. El concreto a usarse deberá tener una resistencia de compresión de 245Kg/cm², con hormigón (mezcla) de proporción de 3x2x1 (3 partes de piedra, 2 de arena y una de cemento pórtland). Reforzada con una armadura de fierro de $\varnothing 1/2$.

- **Tapas:** Las tapas de las cámaras subterráneas serán de forma circular, de fierro fundido. Tendrá un marco exterior circular de fierro fundido empotrado en la cámara subterránea.

Las especificaciones y dimensiones se especifican en los planos respectivos (ANEXO H y ANEXO I)

b) Ductos subterráneos y Sifón

Los ductos serán construidos como se detallan:

- Para las excavaciones de las zanjas se efectuarán con equipo mecánico se deben de

dejarlos últimos 20 cm para ejecutarlos manualmente de manera que la superficie donde descansaran los ductos deben de estar compactados y nivelados (SITM de Barranquilla y su Área Metropolitana, 2008).

- Para el tendido y protección de cables subterráneos se emplearan ductos y/o accesorios de Policloruro de Vinilo (PVC). El ducto PVC que se usará es el de Clase Liviano (TCL) de medida de 4" de diámetro y de 6 metros de largo. El siguiente cuadro detalla las características del tubo PVC a usar:

Tabla 3.15.-Detalle del tubo PVC.

Tipo	Diámetro Nominal	Diámetro Nominal en pulgadas	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Espesor (mm)	Peso aprox.(Kg)
Liviano	100	4"	114	108.4	2.5	8.5

- Previamente a la colocación de ductos es necesario la colocación de arena fina con un espesor mínimo de 5 centímetros en el fondo de la zanja (SITM de Barranquilla y su Área Metropolitana, 2008).

- La existencia de traslape al momento de unir los ductos. El llenado de arena entre los espacios de ductos, previamente es necesario mantener la separación entre ductos usando estacas de 4cm.(SITM de Barranquilla y su Área Metropolitana, 2008, pág. 7).

- Colocación de 10cm de capa de material fino sobre los ductos (en caso de existir más ductos se procederá a colocar otra capa de 10 cm). La compactación del material será manualmente. (SITM de Barranquilla y su Área Metropolitana, 2008).

- En la última capa de 10cm se debe de rellenar con el mismo material de la excavación y compactar manualmente cada 20 cm hasta llegar a la superficie. (SITM de Barranquilla y su Área Metropolitana, 2008).

- Como señal de prevención de ductos de red de fibra óptica se debe de colocar una cinta de advertencia (10 cm de ancho) a lo largo de la ductería a 35 cm y/o 70 cm de profundidad. (SITM de Barranquilla y su Área Metropolitana, 2008).

- Para la unión entre la cámara y el ducto será a la mitad de espesor de la pared receptora. (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2011).

- La verificación de la ductería es mediante una sonda provista de un cilindro de madera de 30 cm de largo y diámetro de 5mm menor que el ducto y luego se pasará un cepillo de cerda rígida con diámetro mayor que el ducto (SITM de Barranquilla y su Área Metropolitana, 2008)

- Se usará tapones de madera u otro sistema aprobado para la colocación en cada extremo de la ductería" (SITM de Barranquilla y su Área Metropolitana, 2008, pág. 8).

- Para evitar la acumulación de cualquier material al interior de la ductería (bolsas de agua) es necesario tener una pendiente mínima de 1% (Antel, 2008, pág. 17):

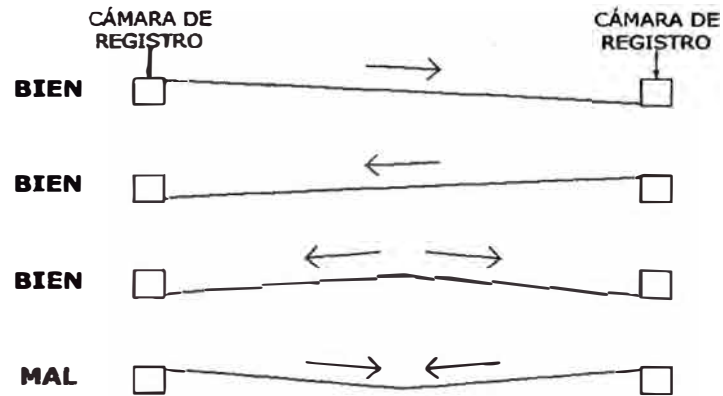


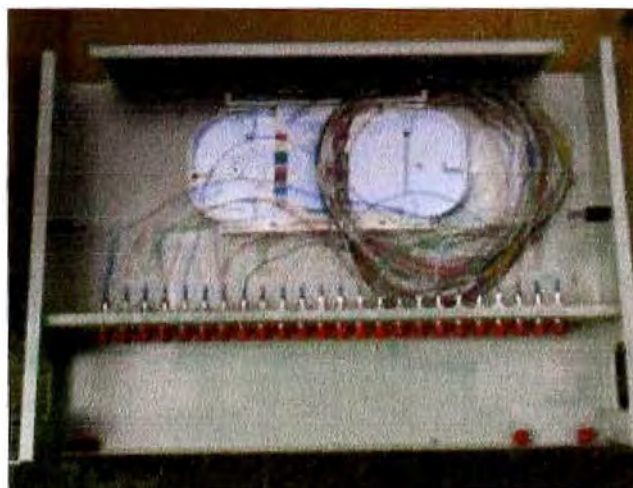
Fig 3.45.-Las correctas pendientes de los ductos.

- En los Sifones, la transición de la red aérea a red subterránea y viceversa se instalará ductos metálicos galvanizados con sus respectivos accesorios en los postes en cuestión.

Las especificaciones y dimensiones se especifican en los planos respectivos (ANEXO G)

c) Instalación de ODF

El ODF a utilizarse en los respectivos Nodos consta de 24 puertos ópticos FC, del cual cada puerto óptico FC le es asignado un color que identifica el número de orden que le corresponde en el ODF (Código de colores Estándares TIA-598-B).



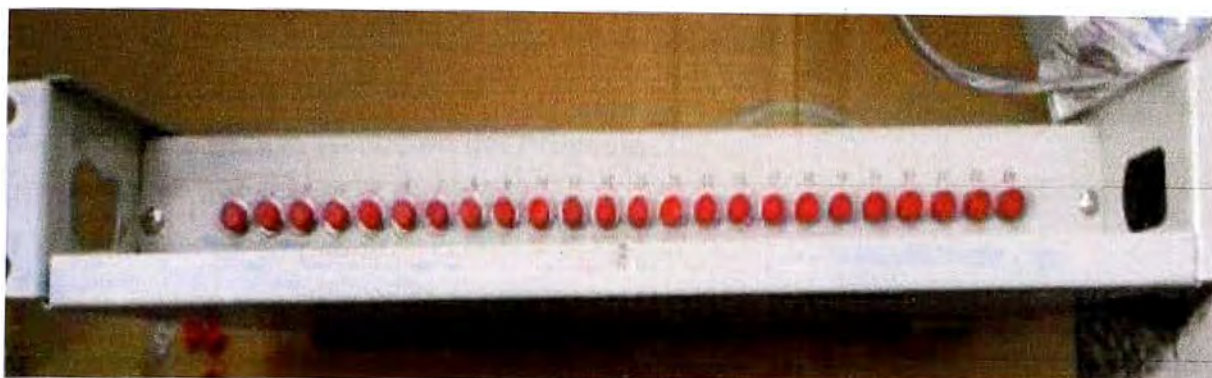


Fig 3.46.- ODF(Primera imagen:Colocación de la fibra en su respectivo orden. Segunda imagen: Fibra óptica ya instalada en el ODF. Tercera imagen: ODF que se instalará en los NODOS y NODO CENTRAL).

Tabla 3.16.- ORDEN DE ASIGNACIÓN DE LA FIBRA OPTICA.

ORDEN DE ASIGNACIÓN DE LA FIBRA OPTICA						
CABLE FO EXTERNA(G.655)				ODF		
BUFFER		HILO		HILO		
N°	COLOR	N°	COLOR	N° FO	COLOR	
1	Azul	1	Azul	1	Azul	Azul
1	Azul	2	Naranja	2	Naranja	Naranja
1	Azul	3	Verde	3	Verde	Verde
1	Azul	4	Marrón	4	Marrón	Marrón
1	Azul	5	Gris	5	Gris	Gris
1	Azul	6	Blanco	6	Blanco	Blanco
2	Naranja	7	Azul	7	Rojo	Rojo
2	Naranja	8	Naranja	8	Negro	Negro
2	Naranja	9	Verde	9	Amarillo	Amarillo
2	Naranja	10	Marrón	10	Violeta	Violeta
2	Naranja	11	Gris	11	Rosado	Rosado
2	Naranja	12	Blanco	12	Celeste	Celeste
3	Verde	13	Azul	13	Azul	Azul
3	Verde	14	Naranja	14	Naranja	Naranja
3	Verde	15	Verde	15	Verde	Verde
3	Verde	16	Marrón	16	Marrón	Marrón
3	Verde	17	Gris	17	Gris	Gris
3	Verde	18	Blanco	18	Blanco	Blanco
4	Marrón	19	Azul	19	Rojo	Rojo
4	Marrón	20	Naranja	20	Negro	Negro
4	Marrón	21	Verde	21	Amarillo	Amarillo
4	Marrón	22	Marrón	22	Violeta	Violeta
4	Marrón	23	Gris	23	Rosado	Rosado
4	Marrón	24	Blanco	24	Celeste	Celeste

3.3.6 Materiales, herramientas y equipos de protección personal (EPP) usados en el cableado de la red Backbone.

a) Materiales para la ejecución del Proyecto

i) Materiales usados en el Cableado

i.1) Bandejas de empalme

La caja de empalme de fibra óptica horizontal de 4 puertos, cuya función es alojar a las fusiones de fibra. Puede ser instalada de varias formas: fijada al poste en empalmes aéreos o en el interior de cámaras subterráneas. Posee un sellado de manera hermética y permite agregar o cambiar cables reiteradas veces. (Conectónica, 2009)

Características:

- Dimensiones: 533 mm x 209 mm x 104 mm.
- Peso: 4.2 Kg.
- Número de entradas de cables: 4.
- Capacidad de bandejas: 4 bandejas (1 bandeja consta de 24 empalmes).
- Rango de temperatura: -40°C a $+55^{\circ}\text{C}$.

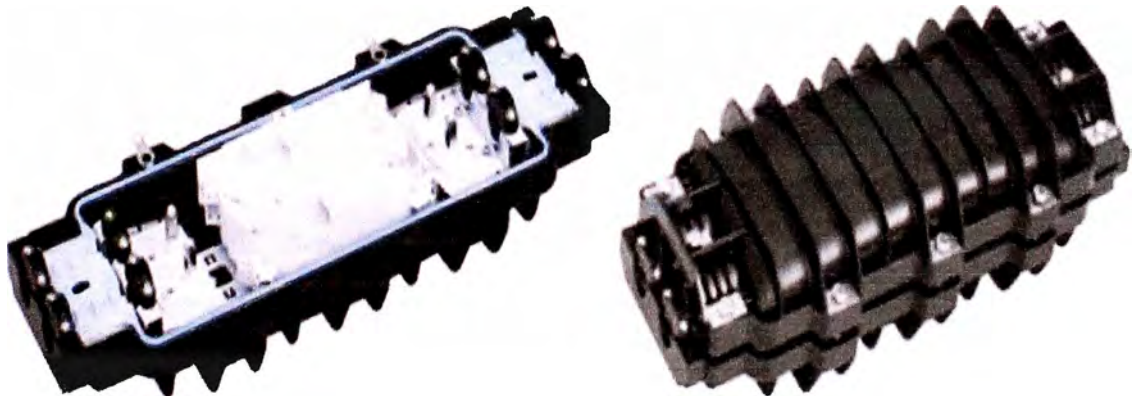


Fig 3.47.- Caja de empalme de fibra óptica (Mufa)

i.2) Preformado

Consiste en unos hilos de acero galvanizado, que pueden ser recubiertos por aleación de cobre o aluminio y para un mejor agarre al cable usa un material abrasivo en su interior. (PLP Argentina, 2013)

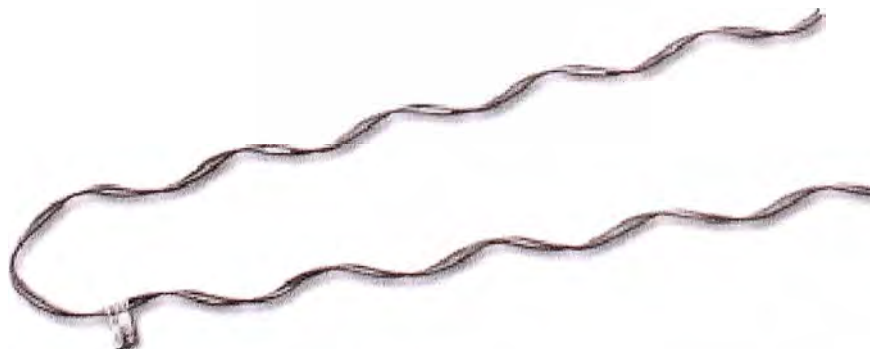


Fig 3.48.- Preformado

i.3) Cinta y hebillas Band it

La cinta es de alta resistencia, de acero inoxidable; está diseñado para el uso en aplicaciones en protección contra la corrosión a largo plazo. Las hebillas proporcionan máxima fuerza de sujeción. Ambas la medida es de 3/4" (Band It, 2008).



Fig 3.49.- Cinta y hebillas Band it

i.4) Kit de suspensión

Ideal para trabajos de soporte y suspensión de cables de fibra óptica, bajo tensiones que soporta distancias de 150 metros de vano (SPAN). El kit consta de las siguientes partes (GRUPO GALING, 2013).

1) Herraje Soporte de Diseño Especial

Detalle	Modelo
Material	Fierro Lac
Norma de Fabricación	ASTM 36
Recubrimiento	140 μ m
Norma Galvanizado	ASTM 123
Peso de Herraje	220 g
Espesor de Cuerpo	e = 1/8"
Color de Cuerpo	Aluminio

Soporte de Diseño Especial



2) Soporte Pasante ADSS

Detalle	Modelo
Material	Aluminio
Norma de Fabricación	ASTM 36
Peso de Herraje Bisagra	240 g
Pernería y accesorios	Cincado
Caucho Natural	65 Shore
Característica Perno	Zinc. \varnothing 3/8"
Característica Tuercas	Zinc. \varnothing 3/8"
Anillos de Presión	Zinc. \varnothing 3/8"
Tensión Sujeción (Newton)	1,000 N
Interior Caucho Antidesgarre - adherible	

Soporte Pasante ADSS



Fig 3.50.- Kit de suspensión

i.5) Kit porta línea (Clevis)

Ideal para trabajos de retenida de cables de fibra óptica, se usa para instalaciones de hasta 200 metros de vano(SPAN) (GRUPO GALING, 2013).

1) Herraje Clevis

Detalle	Modelo
Material	Fierro Lac
Norma de Fabricación	ASTM 36
Recubrimiento	140 μ m
Norma Galvanizado	ASTM 123
Peso de Herraje	272 gr
Espesor de Cuerpo	e = 4 mm
Color de Cuerpo	Aluminio

Herraje Clevis



2) Aislador Tipo carrete 53-1

Detalle	Modelo	
Tipo	53-1	
Tensile strength (KN)	9.0	
Peso (Kg)	0.20	
Applicable standard	ANSI	
Flashover voltage	Dry (Kv)	20
	Wet (Kv)	8
	Horizontal (Kv)	10

Aislador Tipo Carrete



Fig 3.51.- Kit portaline(a)(Clep)

i.6) Chapa de cruce

Su uso es el acondicionamiento del cable mensajero en cruce de calles. Las características son (GRUPO GALING, 2013):

- Material: Acero al carbono (LAC).
- Norma de fabricación: ASTM A-36.
- Protección: Galvanizado en caliente 80 micras.



Fig 3.52.- Chapa de cruce de calle.

i.7) Cruceta para reserva de cable y/o mufa.

Usa en lugares donde se dispondrán de reserva de fibra óptica y/o donde se colocaran las cajas de empalme (mufa).Características (GRUPO GALING, 2013):

- Material: Acero al carbono (LAC).
- Protección: Galvanizado en caliente 60 micras.

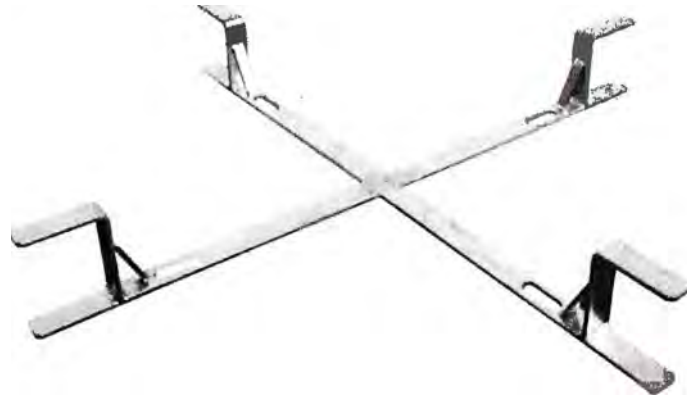


Fig 3.53.- Cruceta para reserva de cable y/o mufa.

i.8) Brazo extensor

Usado en el caso de que la ruta de cableado pase tenga un obstáculo en el momento del diseño o despliegue de la fibra óptica. Las características son (GRUPO GALING, 2013):

- Material: Acero al carbono (LAC).



Fig 3.54.- Brazo extensor.

i.9) ODF (Optical Distribution Frame)

Usado como interface entre la planta externa y planta interna de la red Backbone.

Características:

- Posee 24 puertos ópticos (FC).
- Tamaño: 19”.

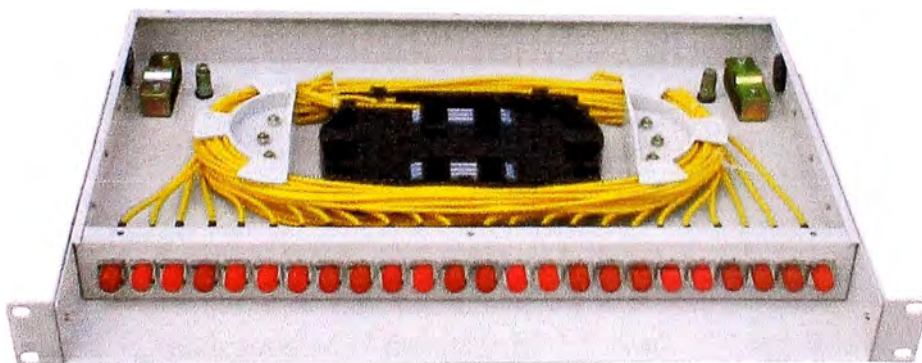


Fig 3.55.- ODF (Optical Distribution Frame).

i.10) Cable Fibra Óptica (G.655)

Fibra óptica de 24 hilos usados como medio de transmisión para el proyecto de la red Backbone.

Tabla 3.17.-Tablas de características ópticas G.655

Parámetros ópticos	Fibra no cableada	Fibra cableada
Atenuación a 1550 nm	$\leq 0,22$ dB/Km	$\leq 0,24$ dB/Km
Atenuación a 1625 nm	$\leq 0,25$ dB/Km	$\leq 0,26$ dB/Km
Punto de discontinuidad máx en 1550 nm		$\leq 0,1$ dB
Longitud de onda de corte		≤ 1450 nm
Punto de dispersión cero		1500 nm
Pendiente de dispersión cero		$\leq 0,09$ ps/nm ² .Km
Coeficiente de dispersión cromática:		
1530 - 1565 nm		6,0 ps/nm.Km
1565 - 1625 nm		11,2 ps/nm.Km
PMD fibra individual		0,04 ps/ \sqrt Km
PMDq (Q=0,01%, N=20)		0,01 ps/ \sqrt Km

Tabla 3.18.-Características geométricas G.655

Parámetros geométricos	
Diámetro de campo modal 1550 nm	$9,60 \pm 0,40$ μ m
Área efectiva	65 - 72 μ m ²
Error concentricidad núcleo/cladding	$\leq 0,5$ μ m
Diámetro cladding	$125,0 \pm 0,7$ μ m
Error concentricidadcoating/cladding	≤ 12 μ m
No circularidad cladding	$\leq 0,7$ %
Diámetro coating	$242 \pm 5,0$ μ m

**Fig 3.56.-Fibra Óptica 24 hilos.****i.11) Cable Mensajero**

Cable de acero galvanizado conformado por 7 alambres de acero. Los cables de acero son fabricados cumpliendo las siguientes normas: NTC 2145 y ASTM A 475. Características (CODENSA S.A., 2011):

Tabla 3.19.-Características del cable mensajero.

Calibre	N° de alambres	Ø Alambre (mm)	Ø Total (mm)	Peso total (kg/km)	Carga de rotura (Kgf)
0.375"(3/8")	7	3.05	9.15	406	998



Fig 3.57.- Cable Mensajero

i.12) Sujetador recto

Tiene tres perforaciones y una cavidad longitudinal para sujetar el cable mensajero; la del centro para ensamblar el sujetador, las otras dos para ajustar el cable en su paso resto del poste. (GRUPO GALING, 2013)



Fig 3.58.- Sujetador recto.

ii) Materiales usados en la instalación de Retenida Vertical (Belleza Zamora, 2008)

Tabla 3.20.- Materiales en el uso de instalación de retenida vertical.

N°	DESCRIPCIÓN	DETALLES TÉCNICOS
1	Arandela Plana y Curva.	Fabricado en acero SAE 1020. Galvanizado en caliente ASTM A-153. Dimensiones: 57mm.x57mm.x3.18mm. Diámetro de agujero: 5/8".
2	Alambre para devanar	Acero inoxidable 304L 1.2mm. Cilíndrico, sin filos cortantes.
3	Block de concreto	Cemento portland. Acero ASTM A615-68. Dimensiones: 40cm,x40cm.x10cm.
4	Brazo para ancla vertical	Acero SAE 1020. Galvanizado por inmersión en caliente ASTM A-153. Dimensiones: 1/2"x2.3pies.
5	Chapa de sujeción	Acero SAE 1020. Vano: 200m. 12KN, 2400 Lbs. Diámetro de cable: 1/4 pulgada. Galvanizado en caliente ASTM A-153.
6	Cable mensajero 1/4 pulgada	Alambre de acero al carbono, recubierto de zinc galvanizado. Norma Técnica ASTM A641. Resistencia a la rotura: 2670Kg(6000lbs)
7	Pasador final torcido	Acero SAE 1020 de 5/8". Galvanizado por inmersión en caliente ASTM A-153.
8	Protector de riostra	Acero SAE 1020. Galvanizado por inmersión en caliente ASTM A-153. Longitud: 2.4m.
9	Tuerca cuadrada	Acero SAE 1020. Galvanizado por inmersión en caliente ASTM A-153.
10	Varilla para ancla 5/8"x7pies	Acero SAE 1020. Galvanizado por inmersión en caliente ASTM A-153. Dimensiones: 5/8"x7pies.

iii) Materiales usados en la instalación de Retenida Horizontal (Belleza Zamora, 2008)

Tabla 3.21.- Materiales en el uso de instalación de retenida horizontal.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	DETALLES TÉCNICOS
1	Arandela Plana y Curva.	Fabricado en acero SAE 1020. Galvanizado en caliente ASTM A-153. Dimensiones: 57mm.x57mm.x3.18mm. Diámetro de agujero: 5/8".
2	Alambre para devanar	Acero inoxidable 304L 1.2mm. Cilíndrico, sin filos cortantes.
3	Block de concreto	Cemento portland. Acero ASTM A615-68. Dimensiones: 40cm,x40cm.x10cm.
4	Chapa de sujeción	Acero SAE 1020. Vano: 200m. 12KN, 2400 Lbs. Diámetro de cable: 1/4 pulgada. Galvanizado en caliente ASTM A-153.
5	Cable mensajero 1/4 pulgada	Alambre de acero al carbono, recubierto de zinc galvanizado. Norma Técnica ASTM A641. Resistencia a la rotura: 2670Kg(6000lbs)
6	Pasador final torcido	Acero SAE 1020 de 5/8". Galvanizado por inmersión en caliente ASTM A-153.
7	Protector de riostra	Acero SAE 1020. Galvanizado por inmersión en caliente ASTM A-153. Longitud: 2.4m.
8	Tuerca cuadrada	Acero SAE 1020. Galvanizado por inmersión en caliente ASTM A-153.
9	Varilla para ancla	Acero SAE 1020. Galvanizado por inmersión en caliente ASTM A-153. Dimensiones: 5/8"x7pies.

b) Herramientas

i) Maquina Band it. (Band It, 2008)



Fig 3.59.- Maquina band it.

ii) Kit de instalación de fibra óptica



Fig 3.60.- Kit de instalación de fibra óptica.

iii) Fusionadora de fibra Óptica



Fig 3.61.- Fusionadora de fibra óptica(Fujikura).

iv) Medidor de Potencia y Fuente de luz



Fig 3.62.- Medidor de Potencia y Fuente de luz(EXFO)

c) Equipos de Protección Personal (EPP)

Constituye una necesidad para prevenir accidentes o reducir sus efectos y así salvaguardar tu salud e integridad personal. Los E.P.P. son de diversos tipos y tienen diferentes propósitos. Cada uno de ellos está diseñado y fabricado para protegerte en cada riesgo específico. (Corporación Aceros arequipa S.A., 2013)

i) Uso de seguridad personal

- Casco con barbiquejo.
- Guantes dieléctricos.
- Zapatos y/o botas dieléctricas.
- Careta.
- Estrobo.
- Lentes
- Ropa de seguridad (con reflectores), etc.



Fig 3.63.- Uso de seguridad personal

ii) Uso de seguridad vial

- Cachaquitos de seguridad.
- Conos de seguridad.
- Malla de seguridad.
- Cinta de seguridad.



Fig 3.64.- Uso de seguridad vial

iv) Uso de seguridad en el trabajo (GRUPO GALING, 2013)

- Posta escalera.
- Escalera.
- Porta bobina



Fig 3.65.- Uso de seguridad en el trabajo

3.3.7 Cálculos de enlace de ruta Backbone.

a) Cálculo de la Dispersión Cromática

Para el cálculo de la dispersión cromática se tienen los siguientes datos:

- Para una $\lambda=1550$ nm, el coeficiente de dispersión es $D = 6\text{ps/mn.Km}$ (tabla 3.17).
- El láser DFB tiene una anchura a -20 dB de 0.2 nm, por lo que el ancho espectral gaussiano del pulso es $\sigma\lambda = 0.2 \text{ nm} / 6.07 = 0.033 \text{ nm}$.
- Las distancias de las respectivas rutas las llamaremos así:
 - L1 (Enlace Nodo Central - Nodo A) = 10.333 Km .
 - L2 (Enlace Nodo A - Nodo B) = 8.600 Km .
 - L3 (Enlace Nodo B - Nodo C) = 11.953 Km .
 - L4 (Enlace Nodo C - Nodo Central) = 13.523 Km .

A partir de la siguiente ecuación (ecuación 2.41) se calcula la dispersión cromática en L1, L2, L3 y L4 para $\sigma\lambda = 0.033\text{nm}$.

$$\sigma_{\text{Cromatica}} = |D| L \sigma_{\lambda}$$

- Para L1: $\sigma_{\text{Cromatica}} = (6\text{ps / nm.Km})(10.333\text{Km})(0.033\text{nm}) = 2.045\text{ps}$.
- Para L2: $\sigma_{\text{Cromatica}} = (6\text{ps / nm.Km})(8.6\text{Km})(0.033\text{nm}) = 1.702\text{ps}$.
- Para L3: $\sigma_{\text{Cromatica}} = (6\text{ps / nm.Km})(11.953\text{Km})(0.033\text{nm}) = 2.366\text{ps}$.
- Para L4: $\sigma_{\text{Cromatica}} = (6\text{ps / nm.Km})(13.523\text{Km})(0.033\text{nm}) = 2.677\text{ps}$.

b) Cálculo de la Dispersión por el Modo de Polarización

Para el cálculo de la dispersión por el modo de polarización (ecuación 2.44) se tienen los siguientes datos:

$$\sigma_{\text{PMD}} = D_{\text{PMD}} \sqrt{L}$$

Sabiendo: $D_{\text{PMD}} = 0.04 \frac{\text{ps}}{\sqrt{\text{Km}}}$ (tabla 3.17), entonces:

- Para L1: $\sigma_{\text{PMD}} = 0.04\sqrt{10.333} = 0.128\text{ps}$
- Para L2: $\sigma_{\text{PMD}} = 0.04\sqrt{8.6} = 0.117\text{ps}$
- Para L3: $\sigma_{\text{PMD}} = 0.04\sqrt{11.953} = 0.138\text{ps}$
- Para L4: $\sigma_{\text{PMD}} = 0.04\sqrt{13.523} = 0.147\text{ps}$

c) Cálculo del Ensanchamiento Total Debido a la Dispersión Cromática y a la PMD de los enlaces

El ensanchamiento total debido a la dispersión cromática y a la PMD se define a partir de la ecuación 2.45:

$$\sigma_{\text{fibra}}^2 = \sigma_{\text{Cromatica}}^2 + \sigma_{\text{PMD}}^2$$

Entonces:

- Para L1: $\sigma_{fibra} = \sqrt{2.045^2 + 0.128^2} = 2.048ps$

- Para L2: $\sigma_{fibra} = \sqrt{1.702^2 + 0.117^2} = 1.705ps$

- Para L3: $\sigma_{fibra} = \sqrt{2.366^2 + 0.138^2} = 2.369ps$

- Para L4: $\sigma_{fibra} = \sqrt{2.677^2 + 0.147^2} = 2.68ps$

La máxima tasa de bit para una **codificación NRZ** limitada por el ancho espectral del pulso puede ser calculada a partir de la ecuación 2.49 (de un cuarto de intervalo de bit):

$$B_R = \frac{1}{4\sigma_{fibra}}$$

Cálculo del BR para L1: $B_R < \frac{1}{4(2.048)} = 122.07Gbps$

Cálculo del BR para L2: $B_R < \frac{1}{4(1.705)} = 146.6Gbps$

Cálculo del BR para L3: $B_R < \frac{1}{4(2.369)} = 105.59Gbps$

Cálculo del BR para L4: $B_R < \frac{1}{4(2.68)} = 93.2Gbps$

La máxima longitud del enlace óptico limitado por el ancho espectral del pulso puede ser calculada a partir de la ecuación 2.50:

$$L_{max} = \frac{1}{4|D|B_R\sigma_\lambda}$$

Entonces para un $BR = 10 Gbps$ se tiene:

$$L_{max} = \frac{1}{4(6ps/nm.Km)(0.033nm)(10Gbps)} = 126.26Km$$

De acuerdo a los resultados obtenidos, es posible que mediante los enlaces L1, L2, L3 y L4 transmitir los 10 Gbps.

d) Penalizaciones de Potencia.

“Se define como el incremento en la potencia de la señal (en dB) para mantener la misma BER en presencia de problemas en el sistema” (Bermúdez Orozco & Jiménez Trujillo, 2008, pág. 52).

Está técnica es también conveniente para estimar los incrementos del BER en el tiempo de vida del sistema, donde muchas de las degradaciones comunes, como es la reducción de la potencia del transmisor y el incremento de las pérdidas del trayecto debido a los cortes de fibra, reducirían la potencia de recepción. (Vieites Freire, Implementación de un Sistema DWDM en la Red Interurbana de Fibra Optica de Telcel BellSouth y Evaluación Teórica de Equipos DWDM, 2003, pág. 185)

i) Penalización de Potencia debido a la Dispersión

La dispersión causa ISI (Interferencia Intersimbólica) a través del ensanchamiento del pulso, y la ISI comienza a ser un problema cuando el ensanchamiento del pulso llega al 25% de la tasa de bit. Por encima del 25% será necesario compensar adicionando una penalidad de potencia en el presupuesto de potencia. (Vieites Freire, Implementación de un Sistema DWDM en la Red Interurbana de Fibra Óptica de Telcel BellSouth y Evaluación Teórica de Equipos DWDM, 2003, págs. 185-186)

i.1) Penalidad de Potencia debido a la Dispersión Cromática.

El interés del cálculo de la penalidad de potencia por dispersión cromática radica en las diferentes distancias de los tramos, en las tasas de transmisión 10 Gbps, y en el tipo de fibra. La máxima penalización por dispersión aceptable es usualmente 2 dB, sin embargo, es posible que un sistema pueda tolerar una mayor penalidad por dispersión si la atenuación óptica es baja. En la siguiente ecuación se define la penalidad de potencia producto de la dispersión cromática: (Vieites Freire, Implementación de un Sistema DWDM en la Red Interurbana de Fibra Óptica de Telcel BellSouth y Evaluación Teórica de Equipos DWDM, 2003, pág. 186)

$$PP_D(dB) = 10 \log \left\{ 1 + \left[0.5 \left(\frac{\pi B_R L \sigma_\lambda |D|}{\ln 4} \right)^2 \right] \right\} \quad (3.1)$$

Donde :

- L es la longitud del trayecto.
- BR es la velocidad de transmisión de los datos ($BR = 10$ Gbps).
- σ_λ es el ancho espectral gaussiano del láser ($\sigma_\lambda = 0.2 \text{ nm} / 6.07 = 0.033 \text{ nm}$).
- D es el coeficiente de dispersión cromática de la fibra óptica ($D = 6 \text{ ps/mn.Km}$).

Entonces:

- Para L1:

$$PP_D(dB) = 10 \log \left\{ 1 + \left[0.5 \left(\frac{\pi(10Gbps)(10.333Km)(0.033nm)(6ps / nm.Km)}{\ln 4} \right)^2 \right] \right\} = 0.00466dB$$

- Para L2:

$$PP_D(dB) = 10 \log \left\{ 1 + \left[0.5 \left(\frac{\pi(10Gbps)(8.6Km)(0.033nm)(6ps / nm.Km)}{\ln 4} \right)^2 \right] \right\} = 0.00323dB$$

- Para L3:

$$PP_D(dB) = 10 \log \left\{ 1 + \left[0.5 \left(\frac{\pi(10Gbps)(11.953Km)(0.033nm)(6ps / nm.Km)}{\ln 4} \right)^2 \right] \right\} = 0.00624dB$$

- Para L4:

$$PP_D(dB) = 10 \log \left\{ 1 + \left[0.5 \left(\frac{\pi(10Gbps)(13.523Km)(0.033nm)(6ps / nm.Km)}{\ln 4} \right)^2 \right] \right\} = 0.00799dB$$

Tabla 3.22.- Penalidad de Potencia debido a la Dispersión Cromática

Penalidad de Potencia debido a la Dispersión Cromática		
Enlace	σ cromática	PPD(10 Gbps)
L1= 10.333 Km	2.045ps	0.00466dB
L2= 8.600 Km	1.702ps	0.00323dB
L3= 11.953 Km	2.366ps	0.00624dB
L4= 13.523 Km	2.677ps	0.00799dB

i.2) Penalidad de Potencia debido a la Dispersión por el Modo de Polarización (PMD).

Es el ensanchamiento máximo que debe tener un pulso para tener una penalidad menor a 1dB, debe ser menor al 10% del período de bit. El anterior caso se puede llegar a presentar cuando el láser se modula externamente; cuando se usa un láser con modulación directa este valor es de 0.5dB. (Bermúdez Orozco & Jiménez Trujillo, 2008, pág. 52). Entonces el valor de la PMD debe cumplir con las siguientes condiciones:

$$\sigma_{PMD} \leq \frac{T_{bit}}{10} \quad (3.2)$$

Donde :

- BR es la velocidad de transmisión del enlace óptico.
- T_{bit} es el tiempo de bit y es equivalente al inverso del BR .

Tabla 3.23.- Penalidad de Potencia debido al PMD

Penalidad de Potencia debido al PMD		
Enlace	σ PMD	Tbit/10 (10 Gbps)
L1= 10.333 Km	0.128ps	10ps
L2= 8.600 Km	0.117ps	10ps
L3= 11.953 Km	0.138ps	10ps
L4= 13.523 Km	0.147ps	10ps

i.3) Penalidad de Potencia debida al Efecto Chirp.

“Son los cambios en el índice de refracción del material debido al cambio en la densidad de portadores, y con ello una modulación en fase que repercute en la frecuencia emitida” (Bermúdez Orozco & Jiménez Trujillo, 2008, pág. 52).

Otra forma de definirla es la corriente de inyección, que modula el láser, introduce una variación en la frecuencia de emisión llamada chirp. Esto significa que, a pesar que el láser sea monomodo, el valor de la frecuencia de pico de emisión, durante el pulso óptico, no es el mismo. Este fenómeno ocurre debido al hecho que cuando se modula la corriente de inyección se modula también la densidad de portadores de carga en la región activa del láser semiconductor, lo que afecta directamente el índice de refracción de esta región, lo que a su vez hace variar la frecuencia de emisión del dispositivo, pues la misma se debe adecuar para satisfacer la condición de fase para oscilación. Esto

causa un alargamiento espectral de la fuente, el cual es bastante perjudicial para el sistema cuando el canal de comunicación es un medio dispersivo. Teóricamente, el chirp induce una penalidad de potencia que es difícil de calcular, pero puede ser aproximada a un margen de **0.5 dB** en el diseño del sistema. (Vieites Freire, Implementación de un Sistema DWDM en la Red Interurbana de Fibra Óptica de Telcel BellSouth y Evaluación Teórica de Equipos DWDM, 2003, pág. 186)

i.4) Penalidad de Potencia al Radio de Extinción No Ideal del Transmisor.

El radio de extinción del transmisor es la relación de la potencia de salida mientras envía el bit 1 y la potencia mientras envía el bit 0. Idealmente, el bit 1 es representado por el doble de la potencia promedio y el bit 0 es representado por una potencia cero, y el radio de extinción sería infinito. (Vieites Freire, Implementación de un Sistema DWDM en la Red Interurbana de Fibra Óptica de Telcel BellSouth y Evaluación Teórica de Equipos DWDM, 2003, pág. 191)

$$PP_{RE} = -10 \log \left[\frac{(r-1) * \sqrt{r+1}}{(r+1) \sqrt{r-1}} \right] \quad (3.3)$$

Donde:

- r es el radio de extinción del transmisor.

Entonces de los datos del transmisor $r = 8.2\text{dB}$ (Tabla 3.1).

Reemplazando:

$$PP_{RE} = -10 \log \left[\frac{(8.2-1) * \sqrt{8.2+1}}{(8.2+1) \sqrt{8.2-1}} \right] = 2.115\text{dB}$$

i.5) Penalidades de Potencia Debidas a los Efectos No Lineales

Las potencias ópticas aplicadas en las fibras ópticas muy elevadas aplicadas a un dieléctrico producen los efectos no lineales. Pero con la utilización de amplificadores ópticos, que aplican elevadas potencias luminosas en fibras ópticas de núcleos pequeños, y el uso de sistemas de nuevas multiplexaciones en longitud de onda (WDM), los efectos no lineales son cada vez más importantes en las fibras ópticas. La capacidad de transmisión de datos se ven afectados por los efectos no lineales en los sistemas de comunicaciones ópticas a través de dos efectos básicos: (Vieites Freire, Implementación de un Sistema DWDM en la Red Interurbana de Fibra Óptica de Telcel BellSouth y Evaluación Teórica de Equipos DWDM, 2003, págs. 209-210)

Efectos Dispersivos:

- Dispersión Estimulada de Raman.
- Dispersión Estimulada de Brillouin.

Efecto Kerr:

- Four Wave Mixing (FWM).

- Automodulación de Fase (SPM).
- Modulación de Fase Cruzada (XPM).

La atenuación de la fibra disminuirá la potencia en la medida que la señal se desplaza a lo largo de la fibra, y por ende los efectos no lineales se manifiestan sobre la longitud efectiva de la fibra (L_{eff}).

“La cual es definida en la siguiente ecuación” (UIT-T, 1996, pág. 14):

$$L_{eff} = \frac{1 - e^{-\alpha L}}{\alpha} \quad (3.4)$$

$$\alpha = \frac{A}{10 \log e} \quad (3.5)$$

Donde α es la atenuación constante de la fibra dada en (1/Km), A es la máxima Atenuación de la fibra (0.24dB/Km), entonces:

$$\alpha = \frac{0.24 \text{ dB / Km}}{10 \log e} = 0.0552 / \text{Km}$$

Ahora L es la longitud de la fibra óptica, entonces la longitud efectiva para tramo será:

- Para L1(10.333 Km):

$$L_{eff} = \frac{1 - e^{-(0.0552)(10.333)}}{0.0552} = 7.873 \text{ Km}$$

- Para L2(8.600 Km):

$$L_{eff} = \frac{1 - e^{-(0.0552)(8.6)}}{0.0552} = 6.846 \text{ Km}$$

- Para L3(11.953 Km):

$$L_{eff} = \frac{1 - e^{-(0.0552)(11.953)}}{0.0552} = 8.750 \text{ Km}$$

- Para L4(13.523 Km):

$$L_{eff} = \frac{1 - e^{-(0.0552)(13.523)}}{0.0552} = 9.528 \text{ Km}$$

En resumen:

Tabla 3.24.- Valores de la Longitud Efectiva de los enlaces

Longitud Efectiva	
Enlace	L_{eff}
L1= 10.333 Km	7.873Km
L2= 8.600 Km	6.846Km
L3= 11.953 Km	8.750Km
L4= 13.523 Km	9.528Km

En cuanto al área efectiva de la fibra (A_{eff}), está puede venir especificada en la hoja de datos dada por el fabricante ($72 \mu\text{m}^2$)(Tabla 3.18).

- Penalidades de Potencia Debida a la Dispersión Estimulada de Brillouin (SBS).

La SBS ocurre cuando la potencia óptica en la fibra llega a un umbral que va a generar diminutas vibraciones acústicas en el silicio, lo cual causa una dispersión de la luz en la dirección contra propagante. Los láseres que tienen un ancho de línea estrecho son los que pueden estimular el efecto de la SBS. (Vieites Freire, Implementación de un Sistema DWDM en la Red Interurbana de Fibra Óptica de Telcel BellSouth y Evaluación Teórica de Equipos DWDM, 2003, págs. 209-210)

Para calcular la potencia de umbral a la cual se puede generar el efecto SBS se obtiene de la siguiente ecuación (UIT-T, 1996, pág. 13):

$$P(SBS) = \frac{21A_{eff}}{g_B L_{eff}} \left(1 + \frac{\Delta v_{fuente}}{\Delta v_{SBS}} \right) \quad (3.6)$$

Donde :

- Δv_{Fuente} : Es el ancho de la línea del láser ($\Delta\lambda=0.1$ pm).
- Δv_{SBS} : Es el ancho de la línea de Brillouin (20 MHz típicamente).
- g_B : Es el coeficiente de ganancia de Brillouin en la fibra (típicamente $4 \cdot 10^{-11}$ m/W).

Para el cálculo del Δv_{Fuente} se procederá desde lo siguiente:

Sabemos:

$$\Delta v = \frac{c}{\lambda_2} - \frac{c}{\lambda_1} = \frac{c(\lambda_1 - \lambda_2)}{\lambda_2 \lambda_1}$$

Si consideramos:

$$\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2 \quad \lambda_2 = \lambda_0 - \frac{\Delta\lambda}{2} \quad \lambda_1 = \lambda_0 + \frac{\Delta\lambda}{2}$$

Obtenemos:

$$\Delta v = \frac{c\Delta\lambda}{\left(\lambda_0 - \frac{\Delta\lambda}{2}\right)\left(\lambda_0 + \frac{\Delta\lambda}{2}\right)} = \frac{c\Delta\lambda}{\left(\lambda_0^2 - \frac{\Delta\lambda^2}{4}\right)}$$

Si consideramos que $\Delta\lambda \ll \lambda_0$ obtenemos:

$$\Delta v \approx \frac{c\Delta\lambda}{(\lambda_0^2)} \quad (3.7)$$

Entonces calculamos el ancho de la línea del láser:

$$\Delta v_{fuente} \approx \frac{(3 \times 10^8)(0.1 \times 10^{-12})}{(1550 \times 10^{-9})^2} = 12.5 \text{ Mhz}$$

Entonces en la fórmula de P(SBS) se obtendrá:

$$P(SBS) = \frac{21A_{eff}}{g_B L_{eff}} \left(1 + \frac{12.5}{20} \right) = \frac{34.125A_{eff}}{g_B L_{eff}}$$

- Para L1 (10.333 Km):

$$P(SBS) = \frac{34.125A_{eff}}{g_B L_{eff}} = \frac{34.125(72\mu m^2)}{(4 * 10^{-11} m / W)(7.873Km)} = 7.801mW \Rightarrow P(SBS) = 8.92dBm.$$

- Para L2 (8.600 Km):

$$P(SBS) = \frac{34.125A_{eff}}{g_B L_{eff}} = \frac{34.125(72\mu m^2)}{(4 * 10^{-11} m / W)(6.846Km)} = 8.972mW \Rightarrow P(SBS) = 9.52dBm$$

- Para L3 (11.953 Km):

$$P(SBS) = \frac{34.125A_{eff}}{g_B L_{eff}} = \frac{34.125(72\mu m^2)}{(4 * 10^{-11} m / W)(8.75Km)} = 7.02mW \Rightarrow P(SBS) = 8.46dBm$$

- Para L4 (13.523 Km):

$$P(SBS) = \frac{34.125A_{eff}}{g_B L_{eff}} = \frac{34.125(72\mu m^2)}{(4 * 10^{-11} m / W)(9.528Km)} = 6.446mW \Rightarrow P(SBS) = 8.09dBm$$

Como se puede observar en los valores de P(SBS) más baja que se obtuvo en los diferentes tramos para un láser es de 6.446 mW (Este es el valor de la potencia límite debido a SBS limita la potencia incidente por canal en un sistema WDM), la cual aún está por encima de la potencia promedio de un canal DWDM del sistema (4 mW) que emplea en el láser. Por todo lo antes expuesto, se llega a la conclusión que la penalidad de potencia producto de la dispersión estimulada de Brillouin para los diferentes tramos es despreciable. (Vieites Freire, Implementación de un Sistema DWDM en la Red Interurbana de Fibra Optica de Telcel BellSouth y Evaluación Teórica de Equipos DWDM, 2003, pág. 220)

- Penalidad de Potencia Debida a la Dispersión Estimulada de Raman (SRS).

“La dispersión de Raman se refiere a la interacción que sufren las ondas ópticas con las vibraciones moleculares del material. Las ondas incidentes se dispersan al chocar con las moléculas y experimentan una reducción de su frecuencia óptica” (Vieites Freire, Implementación de un Sistema DWDM en la Red Interurbana de Fibra Optica de Telcel BellSouth y Evaluación Teórica de Equipos DWDM, 2003, pág. 220).

En un sistema monocanal para generar una dispersión se requiere una potencia de varios centenares de milivatios, en cambio, en un sistema multicanal los canales de longitudes de onda superiores son amplificados por los canales de longitudes de onda inferiores, por lo que la degradación se produce para potencias ópticas bastante inferiores. La SRS en un sistema multicanal tiene principalmente dos impactos negativos sobre el desempeño del sistema:

- Induce a un crosstalk entre canales por el intercambio de potencia.
- Limita la potencia de transmisión de los canales WDM como consecuencia del vaciado de potencia que puede experimentar un canal de frecuencia mayor para generar ganancia en uno de frecuencia menor.

(Vieites Freire, 2003, pág. 222) Afirma: Para calcular la penalidad de potencia por crosstalk que podría generar la SRS a los canales de menor longitud de onda se tiene la siguiente ecuación:

$$PP_{SRS} = -10\log(1 - P_0)$$

Donde P_0 es la fracción de potencia acoplada desde el canal 0 a todos los otros canales. Para una penalidad de potencia de 0.5 dB ($P_0 < 0.1$), y para una fibra del tipo NZ-DSF, la siguiente ecuación permite obtener la respectiva $PTH(SRS)$ para un sistema multicanal:

$$N \cdot P_{TH}(SRS) \cdot (N - 1) \cdot \Delta\lambda_s \cdot L_{eff} < 40000mW \cdot nm \cdot Km \quad (3.8)$$

Donde:

- N : Es el número de canales.
- $PTH(SRS)$: Es la potencia de umbral de la SRS.
- $\Delta\lambda_s$: Es el espaciado entre canales (0.8nm ó 100 Ghz). (pág. 222).

*** $PTH(SRS)$ para los tramos L1, L2, L3 y L4 con $N=32$:**

- Para L1(10.333 Km):

$$P_{TH}(SRS) < \frac{40000mW \cdot nm \cdot Km}{(32)(31)(0.8nm)(7.873Km)} = 6.402mW = 8.063dBm$$

- Para L2(8.600 Km):

$$P_{TH}(SRS) < \frac{40000mW \cdot nm \cdot Km}{(32)(31)(0.8nm)(6.846Km)} = 7.362mW = 8.67dBm$$

- Para L3(11.953 Km):

$$P_{TH}(SRS) < \frac{40000mW \cdot nm \cdot Km}{(32)(31)(0.8nm)(8.75Km)} = 5.76mW = 7.604dBm$$

- Para L4(13.523 Km):

$$P_{TH}(SRS) < \frac{40000mW \cdot nm \cdot Km}{(32)(31)(0.8nm)(9.528Km)} = 5.29mW = 7.234dBm$$

*** $PTH(SRS)$ para los tramos L1, L2, L3 y L4 con $N=16$:**

- Para L1(10.333 Km):

$$P_{TH}(SRS) < \frac{40000mW \cdot nm \cdot Km}{(16)(15)(0.8nm)(7.873Km)} = 26.461mW = 14.226dBm$$

- Para L2(8.600 Km):

$$P_{TH}(SRS) < \frac{40000mW \cdot nm \cdot Km}{(16)(15)(0.8nm)(6.846Km)} = 30.431mW = 14.833dBm$$

- Para L3(11.953 Km):

$$P_{TH}(SRS) < \frac{40000mW \cdot nm \cdot Km}{(16)(15)(0.8nm)(8.75Km)} = 23.809mW = 13.767dBm$$

- Para L4(13.523 Km):

$$P_{TH}(SRS) < \frac{40000mW \cdot nm \cdot Km}{(16)(15)(0.8nm)(9.528Km)} = 21.865mW = 13.397dBm$$

*** PTH(SRS) para los tramos L1, L2, L3 y L4 con N=8:**

- Para L1(10.333 Km):

$$P_{TH}(SRS) < \frac{40000mW \cdot nm \cdot Km}{(8)(7)(0.8nm)(7.873Km)} = 113.407mW = 20.546dBm$$

- Para L2(8.600 Km):

$$P_{TH}(SRS) < \frac{40000mW \cdot nm \cdot Km}{(8)(7)(0.8nm)(6.846Km)} = 130.42mW = 21.153dBm$$

- Para L3(11.953 Km):

$$P_{TH}(SRS) < \frac{40000mW \cdot nm \cdot Km}{(8)(7)(0.8nm)(8.75Km)} = 102.04mW = 20.087dBm$$

- Para L4(13.523 Km):

$$P_{TH}(SRS) < \frac{40000mW \cdot nm \cdot Km}{(8)(7)(0.8nm)(9.528Km)} = 93.708mW = 19.717dBm$$

En la siguiente tabla se resume los diferentes resultados obtenidos del PTH(SRS) de un sistema multicanal implementado en los diferentes tramos, y el cual en su valor máximo genera una penalidad de potencia por crosstalk de 0.5 dB.

Tabla 3.25.-Umbral de Potencia de Dispersión SRS.

Umbral de Potencia de Dispersión Estimada de Raman (SRS)			
Enlace	N=8	N=16	N=32
L1= 10.333 Km	113.407mW	26.461mW	6.402mW
L2= 8.600 Km	130.42mW	30.431mW	7.362mW
L3= 11.953 Km	102.04mW	23.809mW	7.604mW
L4= 13.523 Km	93.708mW	21.865mW	7.234mW

Como se puede observar en los valores de PTH(SRS) más baja que se obtuvo en los diferentes tramos para un láser es de 6.402 mW (Este es el valor de la potencia límite debido a SRS limita la potencia incidente por canal en un sistema WDM), la cual aún está por encima de la potencia promedio de un canal DWDM del sistema (4 mW) que emplea en el láser. Entonces se llega a la conclusión que la penalidad de potencia producto de la dispersión estimulada de Raman para los diferentes tramos es despreciable.

- Penalidad de Potencia debida a la Automodulación de Fase (SPM).

“La Automodulación de Fase (SPM) es un efecto no lineal que va afectar solamente al canal que lo puede generar, es decir, que no va a depender de la influencia de otros canales o del espaciado entre canales” (Veites Freire, Implementación de un Sistema DWDM en la Red Interurbana de Fibra Optica de Telcel BellSouth y Evaluación Teórica de Equipos DWDM, 2003, pág. 231). Para definir si existe alguna penalidad de potencia, se requiere calcular el desplazamiento de fase del pulso producto de la SPM, para la cual se tiene la siguiente ecuación.

$$\phi(SPM) = \gamma \cdot P_{in} \cdot L_{eff} \quad (3.9)$$

Donde:

- P_{in} : Es la potencia pico del pulso.
- L_{eff} : Es la longitud efectiva.
- γ : Es el coeficiente de propagación no lineal y se estima a partir de la siguiente ecuación:

$$\gamma = \frac{2\pi n_1}{\lambda \cdot A_{eff}} \quad (3.10)$$

El valor típico de n_1 en las fibras de silicio es aproximadamente $3 \cdot 10^{-20} m^2 / W$. A continuación se procede al cálculo del coeficiente de propagación no lineal (γ).

$$\gamma = \frac{2\pi(3 \cdot 10^{-20} m^2 / W)}{(1550nm)(72\mu m^2)} = 1.80 \cdot 10^{-3} / W \cdot m$$

Una vez que se ha calculado γ , se procede a calcular el desplazamiento de fase para la SPM (ϕSPM) en la fibra, tomando en cuenta que la potencia inyectada en la fibra por cada canal esta alrededor de los 4 mW o 6 dBm.

“La modulación obtenida en el índice de refracción para potencias altas y longitudes grandes es suficiente como para que haya diferencias apreciables de fase (por ejemplo, cuando el producto $P \cdot L_{eff} = 1 W \cdot km$, la fase no lineal introducida alcanza $\phi \approx \pi/2$)” (Gonzalez Herráez, 2004, pág. 19).

Entonces el ϕSPM no es significativo en un sistema digital con codificación NRZ cuando:

$$\phi(SPM) \leq \pi/2$$

A continuación se procede a calcular el ϕSPM y la máxima potencia entrada para un canal (P_{in}) cuando $\phi(SPM) = \pi/2$:

- Para L1(10.333 Km):

$$\phi(SPM) = (1.80 \cdot 10^{-3} / W \cdot m)(4mW)(7.873Km) = 0.0566rad \ll \frac{\pi}{2}$$

P_{in} cuando el $\phi(SPM) = \pi/2$:

$$P_{in} < \frac{\phi(SPM)}{\gamma \cdot L_{eff}} = \frac{\pi / 2}{(1.80 \cdot 10^{-3} / W \cdot m)(7.873Km)} = 110mW$$

- Para L2(8.600 Km):

$$\phi(SPM) = (1.80 \cdot 10^{-3} / W \cdot m)(4mW)(6.846Km) = 0.0492rad \ll \frac{\pi}{2}$$

P_{in} cuando el $\phi(SPM) = \pi/2$:

$$P_{in} < \frac{\phi(SPM)}{\gamma \cdot L_{eff}} = \frac{\pi / 2}{(1.80 \cdot 10^{-3} / W \cdot m)(6.846Km)} = 127.4mW$$

- Para L3(11.953 Km):

$$\phi(SPM) = (1.80 \cdot 10^{-3} / W \cdot m)(4mW)(8.75Km) = 0.063rad \ll \frac{\pi}{2}$$

Pin cuando el $\phi(SPM) = \pi/2$:

$$P_{in} < \frac{\phi(SPM)}{\gamma \cdot L_{eff}} = \frac{\pi / 2}{(1.80 \cdot 10^{-3} / W \cdot m)(8.75Km)} = 99.7mW$$

- Para L4(13.523 Km):

$$\phi(SPM) = (1.80 \cdot 10^{-3} / W \cdot m)(4mW)(9.528Km) = 0.0686rad \ll \frac{\pi}{2}$$

Pin cuando el $\phi(SPM) = \pi/2$:

$$P_{in} < \frac{\phi(SPM)}{\gamma \cdot L_{eff}} = \frac{\pi / 2}{(1.80 \cdot 10^{-3} / W \cdot m)(9.528Km)} = 91.5mW$$

Como se observa en los resultados anteriores, el desplazamiento de fase causado por la SPM en cada uno de los tramos no es lo suficientemente significativo para generar alguna penalidad de potencia, por otro lado, la potencia de entrada que requiere un canal para generar un desplazamiento de fase es muy alta en comparación con la potencia de entrada promedio de los canales del sistema DWDM. En conclusión, la penalidad de potencia producto del efecto SPM sobre cada canal se considera despreciable. (Vieites Freire, Implementación de un Sistema DWDM en la Red Interurbana de Fibra Optica de Telcel BellSouth y Evaluación Teórica de Equipos DWDM, 2003, pág. 239)

- Penalidad de Potencia debida a la Modulación de Fase Cruzada (XPM).

La XPM es similar a la SPM, excepto que el desplazamiento de fase de un canal depende de la potencia de los otros canales. La cantidad de ensanchamiento espectral introducido por la XPM está relacionada con la separación de canales, ya que las velocidades de grupo diferenciales inducidas por la dispersión tendrán por efecto que los impulsos que interactúan entre sí se separen a medida que se propagan a lo largo de la fibra. Una vez introducido el ensanchamiento espectral por la XPM, la señal experimenta un mayor ensanchamiento temporal a medida que se propaga a lo largo de la fibra, debido a los efectos de la dispersión cromática. (UIT-T, 1996, pág. 20)

La penalidad de potencia por los efectos del XPM incrementa en la medida en que se aumente la potencia, el número de canales, y el espaciado entre canales sea más pequeño. Pero también, cuando se tienen fibras con mayor dispersión cromática es por ello las degradaciones causadas por la XPM son más importantes en los sistemas basados en la fibra de la Recomendación G.652 que en los basados en las fibras de las Recomendaciones G.653 y G.655. (UIT-T, 1996, pág. 21)

Cuando se utiliza fibra NZ-DSF o DSF, la compensación de la dispersión del enlace en el receptor final puede ser implementada minimizando los efectos de la XPM. Para un espaciado de canal de 100 GHz o mayor se obtienen mínimos efectos de la XPM, de

igual modo, al aumentar el área efectiva de la fibra permite disminuir no solo el efecto del XPM, sino también del FWM y la SPM.

(Vieites Freire, 2003) Afirma: El desplazamiento de fase de un pulso en un canal puede ser estimado por la adaptación de la fórmula utilizada en el desplazamiento de fase de la SPM:

$$\phi(SPM) = \gamma \cdot P_{in} \cdot L_{eff}$$

Para el cálculo del ϕ XPM en el proyecto, se va a tomar como referencia la potencia total generada por la mayor cantidad de canales $N=32$, y una potencia por canal de 6 dBm: (pág. 240)

$$P_{Total} = P_{Canal} + 10\log(N) \quad (3.11)$$

Reemplazando:

$$P_{Total} = 6dBm + 10\log(32) = 21.05dBm \cong 127mW$$

Entonces:

- Para L1(10.333 Km): $\phi(SPM) = (1.80 \cdot 10^{-3} / W \cdot m)(127mW)(7.873Km) = 1.799rad > \frac{\pi}{2}$
- Para L2(8.600 Km): $\phi(SPM) = (1.80 \cdot 10^{-3} / W \cdot m)(127mW)(6.846Km) = 1.564rad < \frac{\pi}{2}$
- Para L3(11.953 Km): $\phi(SPM) = (1.80 \cdot 10^{-3} / W \cdot m)(127mW)(8.75Km) = 2rad > \frac{\pi}{2}$
- Para L4(13.523 Km): $\phi(SPM) = (1.80 \cdot 10^{-3} / W \cdot m)(127mW)(9.528Km) = 2.178rad > \frac{\pi}{2}$

Los desplazamientos de fase obtenidos en los cálculos anteriores para los diferentes tramos están por encima de $\pi/2$ (excepto L2), por lo tanto, se requiere hacer un ajuste en las ecuaciones con la finalidad de determinar la máxima cantidad de canales que se puede implementar en cada tramo sin que se genere algún tipo de penalización por la XPM. Para ello se tienen las siguientes ecuaciones:

$$\gamma \cdot P_{Total} \cdot L_{eff} \leq \frac{\pi}{2} \Rightarrow P_{Total} = \frac{\pi}{2\gamma \cdot L_{eff}}$$

$$N = 10^{\left(\frac{P_{Total} - P_{Canal}}{10}\right)} \quad (3.12)$$

Entonces:

- Para L1(10.333 Km): $P_{Total} = 110mW = 20.41dBm \Rightarrow N = 10^{\left(\frac{20.41-6}{10}\right)} = 27.6$
- Para L2(8.600 Km): $P_{Total} = 127.4mW = 21.05dBm \Rightarrow N = 10^{\left(\frac{21.05-6}{10}\right)} = 32$
- Para L3(11.953 Km): $P_{Total} = 99.73mW = 19.98dBm \Rightarrow N = 10^{\left(\frac{19.98-6}{10}\right)} = 25$
- Para L4(13.523 Km): $P_{Total} = 91.5mW = 19.61dBm \Rightarrow N = 10^{\left(\frac{19.61-6}{10}\right)} = 22.98$

Como se observa en los resultados anteriores, la XPM viene a ser un problema en el desempeño del sistema cuando $N > 27$ (Para el enlace L1), $N > 25$ (Para el enlace L3), $N > 22$ (Para el enlace L4) en la fibra, ya que se estaría incurriendo en una penalidad de potencia. (Vieites Freire, 2003) Afirma: La penalidad de potencia por la XPM (PP_{XPM}) es: (pág. 245)

$$PP_{XPM}(16\text{canales}) = 0.5\text{dB} \quad PP_{XPM}(32\text{canales}) = 1\text{dB}$$

- Penalidad de Potencia debida al Four Wave Mixing (FWM).

(Vieites Freire, 2003) Afirma: El FWM es un proceso no lineal que ocurre cuando dos o tres canales interactúan a través de la susceptibilidad eléctrica de la fibra óptica generándose nuevas ondas o armónicas. Las ondas generadas por el FWM van a reducir la energía en los canales transmitidos (transferencia de potencia), lo cual a su vez puede conllevar a una penalidad de potencia para altos niveles de potencia transmitida. Adicionalmente, si los canales se encuentran igualmente espaciados, algunas de las nuevas ondas generadas tendrán frecuencias coincidentes con las de los canales inyectados en la fibra, lo cual genera ruido o crosstalk en ese canal. La eficiencia de transferencia de potencia puede reducirse si el espaciado entre canales es mayor, si el espaciado entre canales es desigual, si la potencia de transmisión de cada canal es baja o si la dispersión de la fibra es alta. La potencia generada por cada tono FWM puede ser expresada como:

$$P_{IJK} = \left[\frac{D_{IJK} \cdot \gamma \cdot L_{\text{eff}}}{3} \right]^2 P_I \cdot P_J \cdot P_K \cdot e^{-\alpha L} \cdot \eta_{IJK} \quad (3.13)$$

Donde:

- η_{IJK} es la eficiencia del FWM.
- P_I , P_J y P_K , son las potencias de los canales I, J y K.
- L es la longitud del trayecto.
- α es la atenuación constante de la fibra dada en (1/Km).
- D_{IJK} es el factor degenerativo y cuyo valor depende de las siguientes condiciones:
 - $D_{IJK} = 6$, cuando ($I \neq J \neq K$), y en este caso se generan tres ondas débiles con las frecuencias: $\omega_{123}, \omega_{231}, \omega_{312}$.
 - $D_{IJK} = 3$, cuando ($I = J \neq K$), y en este caso se generan seis ondas débiles con las frecuencias: $\omega_{112}, \omega_{113}, \omega_{221}, \omega_{223}, \omega_{331}, \omega_{332}$. (pág. 247)

En cuanto " η_{IJK} es un término que evalúa la eficiencia del proceso de mezcla de cuatro ondas, entonces se tiene lo siguiente (Gonzalez Herráez, 2004, pág. 44)":

$$\eta_{IJK}(\alpha, \Delta\beta, L) = \left(\frac{\alpha^2}{\alpha^2 + \Delta\beta^2} \right) \left(1 + \frac{4e^{-\alpha L} \sin^2\left(\frac{\Delta\beta L}{2}\right)}{(1 - e^{-\alpha L})^2} \right)^2 \quad (3.14)$$

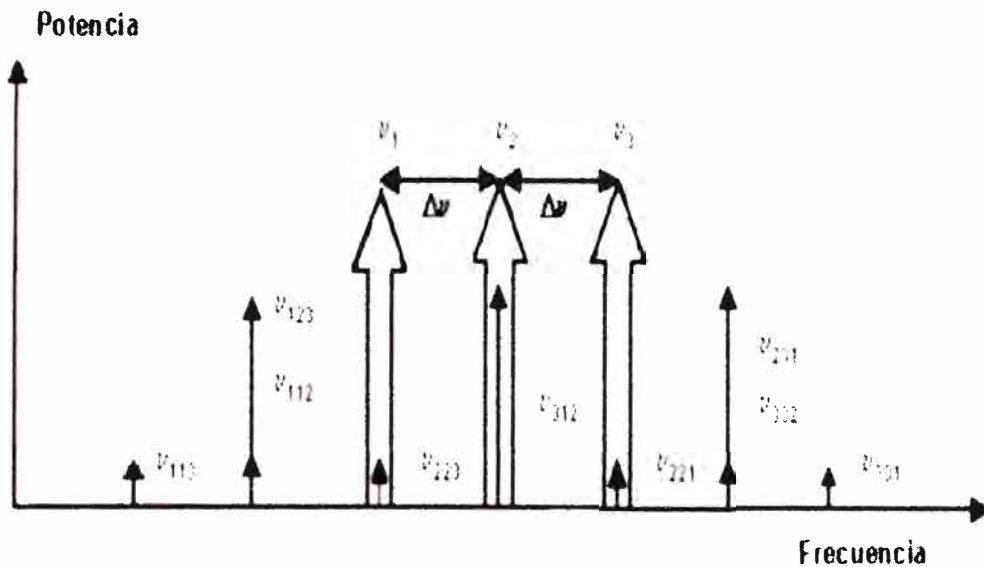


Fig 3.66.- Señales en las frecuencias ν_1, ν_2 y ν_3 y sus nueve armónicas FWM.

(Vieites Freire, 2003) Afirma: Cuando los enlaces son de larga distancia la ecuación anterior queda reducida a:

$$e^{-\alpha L} \approx 0 \Rightarrow \eta_{i,j,k}(\alpha, \Delta\beta, L) = \left(\frac{\alpha^2}{\alpha^2 + \Delta\beta^2} \right)$$

Donde:

• $\Delta\beta$: Es la diferencia de fase FWM debido a la dispersión de las longitudes de onda originales. En cuanto a la expresión que define a $\Delta\beta$ se tiene:

$$\Delta\beta = \beta_i + \beta_j - \beta_k - \beta_{ijk} \quad ; \quad \Delta\beta = \left(\frac{2\pi\lambda^2}{c} \right) \Delta\nu_{ij} \cdot \Delta\nu_{jk} \left[D + \frac{\lambda^2 S_0}{2c} (\Delta\nu_{ij} + \Delta\nu_{jk}) \right]$$

$$\Delta\nu_{ij} = |\omega_i - \omega_j| \quad \text{y} \quad \Delta\nu_{jk} = |\omega_j - \omega_k| \quad (3.15)$$

Donde:

- D : Es el coeficiente de dispersión cromática de la fibra.
- S_0 : Es la pendiente de la dispersión cromática de la fibra en λ_0 .
- λ : Es la longitud de onda en el vacío (1550 nm).
- $\Delta\nu_{ij}$ y $\Delta\nu_{jk}$: Es la separación entre canales. (pág. 247)

A continuación se procede a determinar la diferencia de fase ($\Delta\beta$) y la eficiencia del FWM (η_{ijk}) que se generan en la fibra, para ello se van a considerar dos situaciones que definen el peor caso: una es considerar la influencia del tono FWM de mayor efecto (ω_{312}) sobre el desempeño del sistema, y la otra es cuando los canales están igualmente espaciados. Adicionalmente, el cálculo de la ($\Delta\beta$) y la (η_{ijk}) se realizará para un espaciado entre canales de 100 GHz (el espaciado que tienen los canales en el proyecto) y para un mínimo espaciado entre canales, con la finalidad de poder comparar en ambos casos los niveles de potencia del tono generado por el FWM (P_{312}) y el

crosstalk óptico asociado, y de este manera determinar si se produce alguna penalidad de potencia producto del FWM. (Vieites Freire, Implementación de un Sistema DWDM en la Red Interurbana de Fibra Óptica de Telcel BellSouth y Evaluación Teórica de Equipos DWDM, 2003, pág. 249)

Cálculo de la $\Delta\beta$ y la η/JK con un Espaciado entre Canales de 100 GHz.

Para el cálculo de la $\Delta\beta$ y la η/JK se toma como referencia a los canales centrales 20, 21 y 22, los cuales tienen un espaciado de canal de 100 GHz y su frecuencia es la siguiente:

- $\omega_1 = 193.4$ THz (canal 20).
- $\omega_2 = 193.3$ THz (canal 21).
- $\omega_3 = 193.2$ THz (canal 22).

Entonces en la ecuación 3.15:

$$\Delta\nu_{12} = |\omega_1 - \omega_2| = 100\text{GHz} \Rightarrow \Delta\nu_{12} = \Delta\nu_{23} = 100\text{GHz}$$

$$\Delta\beta = \left(\frac{2\pi(1550\text{nm})^2}{3 \cdot 10^8 \text{ m / seg}} \right) (100\text{GHz})^2 \left[(6\text{ps / nm} \cdot \text{Km}) + \frac{(1550\text{nm})^2 (0.092\text{ps / nm}^2 \cdot \text{Km})}{2(3 \cdot 10^8 \text{ m / seg})} (200\text{GHz}) \right]$$

$$\Delta\beta = 3.389 / \text{Km}$$

Sabiendo que de la ecuación 3.5 se obtuvo: $\alpha = \frac{0.24\text{dB / Km}}{10 \log e} = 0.0552 / \text{Km}$

Calculando la eficiencia del FWM:

$$\eta_{i,j,k}(\alpha, \Delta\beta, L) = \left(\frac{(0.055 / \text{Km})^2}{(0.055 / \text{Km})^2 + (3.389 / \text{Km})^2} \right) = 2.652 \cdot 10^{-4}$$

Cálculo de la $\Delta\beta$ y la η/JK para un Mínimo Espaciado entre Canales

(Vieites Freire, 2003) Afirma: El mínimo espaciado entre canales viene determinado a partir de la solución de la ecuación paramétrica que predice la ganancia exponencial para las ondas de Stokes y anti-Stokes, de la cual se obtiene: (pág. 251)

$$\Delta\nu_{eq}(\text{GHz}) = 11.65 \left[\frac{P_1(\text{mW})}{D(\text{ps / nm} \cdot \text{Km})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.16)$$

A continuación se procede a calcular el mínimo espaciado de canal para una potencia de inyección por canal de 6 dBm(4mW):

$$\Delta\nu_{eq}(\text{GHz}) = 11.65 \left[\frac{4\text{mW}}{6\text{ps / nm} \cdot \text{Km}} \right]^{\frac{1}{2}} = 9.51\text{GHz}$$

Cálculo de la $\Delta\beta$ y la η/JK con un $\Delta\nu_{eq} = 9.51\text{GHz}$

$$\Delta\beta = \left(\frac{2\pi(1550\text{nm})^2}{3 \cdot 10^8 \text{ m / seg}} \right) (9.51\text{GHz})^2 \left[(6\text{ps / nm} \cdot \text{Km}) + \frac{(1550\text{nm})^2 (0.092\text{ps / nm}^2 \cdot \text{Km})}{2(3 \cdot 10^8 \text{ m / seg})} (19.02\text{GHz}) \right]$$

$$\Delta\beta = 0.0273 / \text{Km}$$

Calculando la eficiencia del FWM:

$$\eta_{i,jk}(\alpha, \Delta\beta, L) = \left(\frac{(0.055 / \text{Km})^2}{(0.055 / \text{Km})^2 + (0.0273 / \text{Km})^2} \right) = 0.802$$

Una vez obtenido los respectivos valores de la diferencia de fase ($\Delta\beta$) y la eficiencia del FWM ($\eta_{i,jk}$) para la fibra G 655, se procede a calcular la potencia del tono generado por el FWM (P_{312}) en todos los tramos, tanto para un espaciado entre de canales de 100 GHz, como para un mínimo espaciado (9.51GHz), y para ello se tiene los siguientes datos:

- $D/JK=6$
- $P_i = P_j = P_k = 6 \text{ dBm} \equiv 4 \text{ mW}$
- $\gamma = 1.80 \cdot 10^{-3} / \text{W} \cdot \text{m}$
- $\alpha = 0.055 / \text{Km}$
- L_{eff} para todos los enlaces:

Tabla 3.26.- Valores de la Longitud Efectiva.

Longitud Efectiva	
Enlace	Leff
L1= 10.333 Km	7.873Km
L2= 8.600 Km	6.846Km
L3= 11.953 Km	8.750Km
L4= 13.523 Km	9.528Km

Entonces:

Calculo de P_{312} con un espaciado entre canales de 100 GHz.

- Para L1(10.333 Km):

$$P_{312} = \left[\frac{(6)(1.80 \cdot 10^{-3} / \text{W} \cdot \text{m})(7.873\text{Km})}{3} \right]^2 (4\text{mW})^3 \cdot e^{-(0.055/\text{Km})(10.333\text{Km})} \cdot (2.652 \cdot 10^{-4})$$

$$P_{312} = 7.724 \cdot 10^{-6} \text{ mW} = -51.121\text{dBm}$$

- Para L2(8.600 Km):

$$P_{312} = \left[\frac{(6)(1.80 \cdot 10^{-3} / \text{W} \cdot \text{m})(6.846\text{Km})}{3} \right]^2 (4\text{mW})^3 \cdot e^{-(0.055/\text{Km})(8.6\text{Km})} \cdot (2.652 \cdot 10^{-4})$$

$$P_{312} = 6.427 \cdot 10^{-6} \text{ mW} = -51.919\text{dBm}$$

- Para L3(11.953 Km):

$$P_{312} = \left[\frac{(6)(1.80 \cdot 10^{-3} / \text{W} \cdot \text{m})(8.75\text{Km})}{3} \right]^2 (4\text{mW})^3 \cdot e^{-(0.055/\text{Km})(11.953\text{Km})} \cdot (2.652 \cdot 10^{-4})$$

$$P_{312} = 8.73 \cdot 10^{-6} \text{ mW} = -50.589\text{dBm}$$

- Para L4(13.523 Km):

$$P_{312} = \left[\frac{(6)(1.80 \cdot 10^{-3} / \text{W} \cdot \text{m})(9.528\text{Km})}{3} \right]^2 (4\text{mW})^3 \cdot e^{-(0.055/\text{Km})(13.523\text{Km})} \cdot (2.652 \cdot 10^{-4})$$

$$P_{312} = 9.49510^{-6} mW = -50.225dBm$$

Calculo de P312 con un mínimo espaciado de Canal ($\Delta\nu_{eq} = 9.51GHz$)

- Para L1(10.333 Km):

$$P_{312} = \left[\frac{(6)(1.80 \cdot 10^{-3} / W \cdot m)(7.873Km)}{3} \right]^2 (4mW)^3 \cdot e^{-(0.055/Km)(10.333Km)} \cdot (0.802)$$

$$P_{312} = 0.0233mW = -16.315dBm$$

- Para L2(8.600 Km):

$$P_{312} = \left[\frac{(6)(1.80 \cdot 10^{-3} / W \cdot m)(6.846Km)}{3} \right]^2 (4mW)^3 \cdot e^{-(0.055/Km)(8.6Km)} \cdot (0.802)$$

$$P_{312} = 0.0194mW = -17.113dBm$$

- Para L3(11.953 Km):

$$P_{312} = \left[\frac{(6)(1.80 \cdot 10^{-3} / W \cdot m)(8.75Km)}{3} \right]^2 (4mW)^3 \cdot e^{-(0.055/Km)(11.953Km)} \cdot (0.802)$$

$$P_{312} = 0.0264mW = -15.783dBm$$

- Para L4(13.523 Km):

$$P_{312} = \left[\frac{(6)(1.80 \cdot 10^{-3} / W \cdot m)(9.528Km)}{3} \right]^2 (4mW)^3 \cdot e^{-(0.055/Km)(13.523Km)} \cdot (0.802)$$

$$P_{312} = 0.0287mW = -15.418dBm$$

Cálculo del Crosstalk generado por el FWM.

(Vieites Freire, 2003) Afirma:

El crosstalk óptico es definido por la siguiente expresión:

$$D_{ij} = 10 \log \left[\frac{P_{ij}}{P_j} \right] \quad (3.17)$$

Donde:

- P_{ij} es la potencia óptica residual del canal i en el canal j.
- P_j es la potencia óptica del canal j.

A continuación se se procede a calcular el crosstalk óptico generado por el FWM en los diferentes tramos de la red interurbana de fibra óptica tanto para un mínimo espaciado de canal, como para un espaciado de canal de transmisión es de 100 GHz o también 0.1 Thz. (pág. 263)

Crosstalk óptico con un espaciado entre canales de 100 GHz.

- Para L1(10.333 Km): $D_{ij} = 10 \log \left[\frac{7.724 \cdot 10^{-6} mW}{4mW} \right] = -57.142dB$

- Para L2(8.600 Km): $D_{ij} = 10 \log \left[\frac{6.427 \cdot 10^{-6} mW}{4mW} \right] = -57.94dB$

- Para L3(11.953 Km): $D_{ij} = 10 \log \left[\frac{8.73 \cdot 10^{-6} mW}{4mW} \right] = -56.61dB$

No linealidad XPM	0	1	0	0	0	1	0	1
No linealidad FWM	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL(dB)	2.61966	3.61966	2.61823	2.61823	2.62124	3.62124	2.62299	3.62299

e) Calculo de Atenuación Total de enlace Backbone

Analizando los diagramas de los enlaces:

- Para L1(10.333 Km):

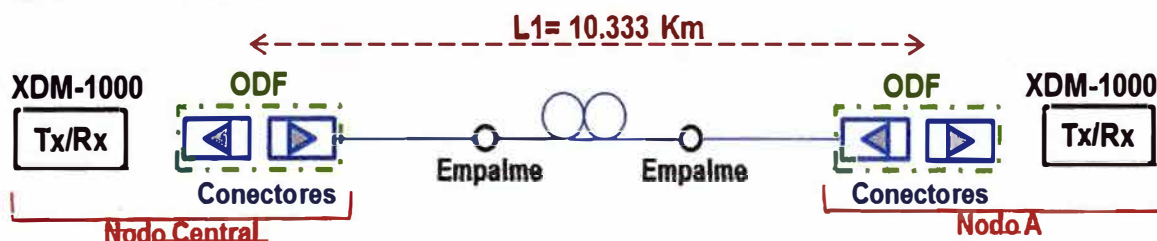


Fig 3.67.- Diagrama de enlace Nodo Central – Nodo A

- Para L2(8.600 Km):

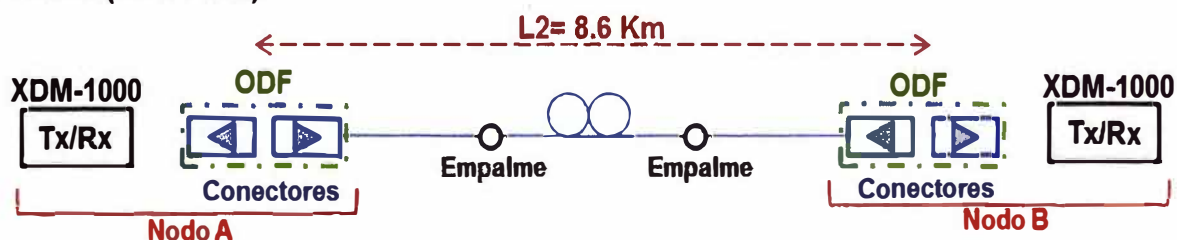


Fig 3.68.- Diagrama de enlace Nodo A – Nodo B

- Para L3(11.953 Km):

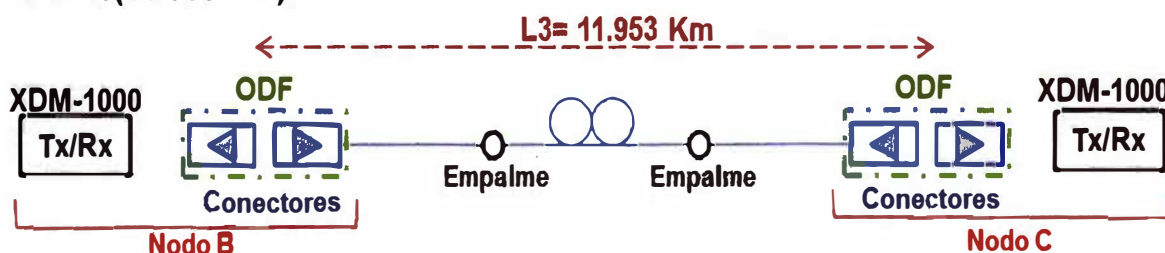


Fig 3.69.- Diagrama de enlace Nodo B – Nodo C

- Para L4(13.523 Km):

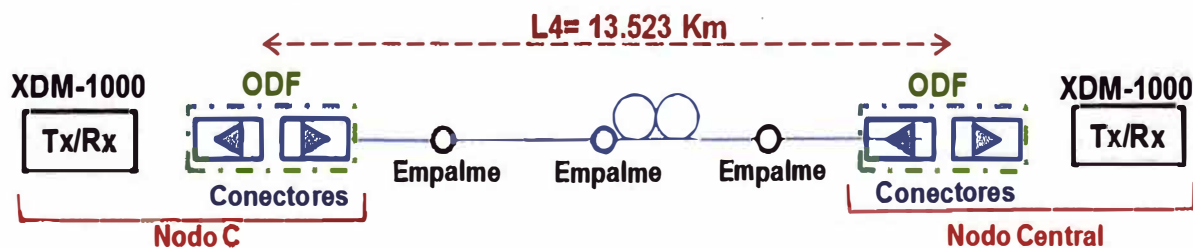


Fig 3.70.- Diagrama de enlace Nodo C – Nodo Central

De los diagramas anteriores se puede apreciar lo siguiente:

- Para L1 (10.333 Km):

- Longitud de enlace: 10.333Km.

- Cantidad de conectores: 4.
- Cantidad de empalmes: 2.
- **Para L2 (8.600 Km):**
 - Longitud de enlace: 8.600 Km.
 - Cantidad de conectores: 4.
 - Cantidad de empalmes: 2.
- **Para L3 (11.953 Km):**
 - Longitud de enlace: 11.953 Km.
 - Cantidad de conectores: 4.
 - Cantidad de empalmes: 2.
- **Para L4 (13.523 Km):**
 - Longitud de enlace: 13.523 Km.
 - Cantidad de conectores: 4.
 - Cantidad de empalmes: 3.

Adicionalmente considerando lo siguiente:

- Atenuación por conector: 0.5 dB
- Atenuación por empalme: 0.2 dB
- Margen de Seguridad: 3 dB

Entonces calculando los valores de atenuación para cada enlace:

Tabla 3.29.- Atenuación parcial del enlace L1

ATENUACIÓN DE LOS ENLACE L1			
Atenuación	Unidad(dB)	N° de unidades	Subtotal(dB)
Empalmes	0.2dB	2	0.4
Margen de Seguridad	3dB	1	3
Conectores	0.5dB	4	2
Longitud	0.24dB/Km	10.333Km	2.479
TOTAL(dB)			7.879

Tabla 3.30.- Atenuación parcial del enlace L2

ATENUACIÓN DE LOS ENLACE L2			
Atenuación	Unidad(dB)	N° de unidades	Subtotal(dB)
Empalmes	0.2dB	2	0.4
Margen de Seguridad	3dB	1	3
Conectores	0.5dB	4	2
Longitud	0.24dB/Km	8.6Km	2.064
TOTAL(dB)			7.464

Tabla 3.31.- Atenuación parcial del enlace L3

ATENUACIÓN DE LOS ENLACE L3			
Atenuación	Unidad(dB)	N° de unidades	Subtotal(dB)
Empalmes	0.2dB	2	0.4
Margen de Seguridad	3dB	1	3
Conectores	0.5dB	4	2
Longitud	0.24dB/Km	11.953Km	2.868
TOTAL(dB)			8.268

Tabla 3.32.- Atenuación parcial del enlace L4

ATENUACIÓN DE LOS ENLACE L4			
Atenuación	Unidad(dB)	N° de unidades	Subtotal(dB)
Empalmes	0.2dB	3	0.6
Margen de Seguridad	3dB	1	3
Conectores	0.5dB	4	2
Longitud	0.24dB/Km	13.523Km	3.245
TOTAL(dB)			8.845

Calculando la Atenuación Total de cada enlace:

Tabla 3.33.- Atenuación Total de enlace backbone

ATENUACIÓN TOTAL DE ENLACE BACKBONE								
Enlace (N° de Canales)	L1 (N=16)	L1 (N=32)	L2 (N=16)	L2 (N=32)	L3 (N=16)	L3 (N=32)	L4 (N=16)	L4 (N=32)
Penalidad Total de potencia (dB)	2.61966	3.61966	2.61823	2.61823	2.62124	3.62124	2.62299	3.62299
Atenuación Parcial del enlace	7.879	7.879	7.464	7.464	8.268	8.268	8.845	8.845
Atenuación Total del enlace(dB)	10.4986	11.4986	10.0822	10.0822	10.8892	11.8892	11.4679	12.4679

Como sabemos que el modulo óptico (STM-64) posee su rango de valores de potencia de transmisión, recepción y atenuación como se muestra en las figuras 3.1a, 3.1b, 3.1c y 3.1d.

Ahora calcularemos los valores reales del interface óptico, el procedimiento para obtener esos valores es como sigue:

Obtención de Potencia del Transmisor:

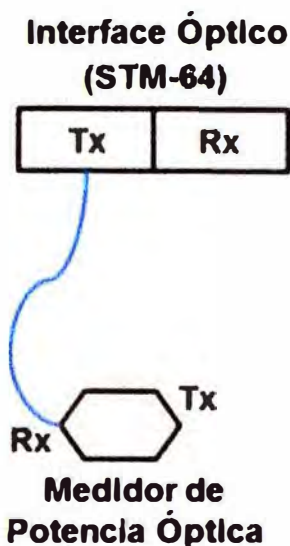


Fig 3.71.- Proceso de obtención de Potencia del Transmisor

Obtención de la Sensibilidad de Potencia del Receptor:

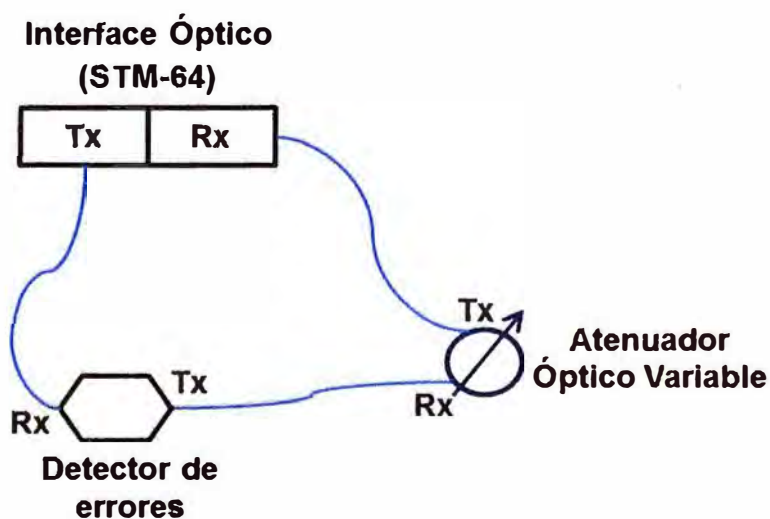


Fig 3.72.- Proceso de obtención de la Sensibilidad en el Receptor

Entonces los valores reales que se obtiene son lo siguiente:

Tabla 3.34.- Valores de potencia y sensibilidad obtenidos del equipo óptico.

TRANSMITTER		
1	Source type	DFB(EML)
2	Mean launched power (dBm)	+0.24
RECEIVER		
3	Photodiode type	APD
4	Min. Sensitivity (BER of $1 \cdot 10^{-12}$)(dBm)	-23.4
OPTICAL PATH BETWEEN S AND R		
5	Max. attenuation (dB)	23.64

Tabla 3.35.- Resultado final de los enlaces Backbone

RESULTADO FINAL DE ENLACE BACKBONE								
Enlace (N° de Canales)	L1 (N=16)	L1 (N=32)	L2 (N=16)	L2 (N=32)	L3 (N=16)	L3 (N=32)	L4 (N=16)	L4(N=32)
Potencia del Transmisor (dBm)	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
Atenuación Total del enlace(dB)	-10.499	-12.499	-10.082	-10.082	-10.889	-12.889	-11.468	-13.468
Potencia en el Receptor (dBm)	-10.259	-12.259	-9.842	-9.842	-10.649	-12.649	-11.228	-13.228

Se puede observar que los valores de potencia que llega al receptor están dentro del rango de valores de potencia $\langle -19\text{dBm}, -8\text{dBm} \rangle$, ya sea en el uso de diferentes cantidades de canales.

f) Calculo del Ancho de Banda.

Para la obtención del ancho de banda del sistema completo (transmisor, receptor y la fibra óptica), nos apoyaremos de una formula proveniente de la respuesta de un circuito RC pero se adopta de para el estudio de sistemas de comunicaciones ópticas:

$$T_s = \frac{0.35}{\Delta f_{elec}} \quad (3.18)$$

Donde:

- Δf_{elec} : Es el ancho de banda eléctrico.
- T_s : Es el tiempo de subida del sistema completo.

La relación entre T_s y el ancho de banda eléctrico depende del tipo de modulación digital y también de la forma del pulso. Para pulsos gaussianos en formato NRZ, la relación entre la tasa de transmisión digital (BR) y el ancho de banda eléctrico es la siguiente:

$$B_R \approx 2\Delta f_{elec}$$

Entonces reemplazando en la formula obtendremos:

$$T_s \leq \frac{0.7}{B_R} \quad (3.19)$$

Esta es la relación entre BR y el tiempo de subida del sistema completo es:

$$T_s^2 = T_{transmisor}^2 + T_{receptor}^2 + T_{fibra\acute{o}ptica}^2 \quad (3.20)$$

Donde:

- $T_{fibra\acute{o}ptica}$: Es el tiempo de subida de la fibra óptica.
- $T_{transmisor}$ Es el tiempo de subida del emisor.

• Treceptor :Es el tiempo de subida del receptor.

En el caso de la fibra óptica debemos de considerar los ensanchamientos del pulso producido por la dispersión, entonces:

$$\sigma^2_{fibra} = \sigma^2_{Cromatica} + \sigma^2_{PMD}$$

(Vieites Freire, 2003) Afirma: Para relacionar σ (anchura del pulso propagado por la fibra) y T_{fibra} óptica, se suele hacer a partir de T_{FWHM} (anchura del pulso a mitad del valor máximo), que para el caso de un pulso gaussiano es: (pág. 348)

$$T_{FWHM} = 2\sqrt{2\ln 2}\sigma \approx T_{fibra\acute{o}ptica} \Rightarrow T_{fibra\acute{o}ptica} = 2.354\sigma \quad (3.21)$$

Ahora calcularemos el tiempo de subida del sistema completo para cada enlace Backbone.

i) Determinación del Tiempo de Subida del Transmisor.

El tiempo de subida típico en el tipo de laser DFB (EML) en el lado del transmisor es:

$$T_{transmisor} = 0.04ns$$

ii) Determinación del Tiempo de Subida del Receptor.

El tiempo de subida típico en el tipo de APD en el lado del receptor:

$$T_{receptor} = \frac{0.35}{10GHz} = 0.035ns$$

De los cálculos anteriores realizados tenemos los valores de dispersión total (dispersión cromática y dispersión modal) de cada enlace Backbone:

DISPERSIÓN TOTAL DE LOS ENLACES			
dispersión Total de los enlaces Backbone			
Enlace	σ Cromatica	σ PMD	σ TOTAL
L1= 10.333 Km	2.045ps	0.128ps	2.048ps
L2= 8.600 Km	1.702ps	0.117ps	1.705ps
L3= 11.953 Km	2.366ps	0.138ps	2.369ps
L4= 13.523 Km	2.677ps	0.147ps	2.68ps

Con estos valores calcularemos el tiempo de subida de la fibra óptica, el tiempo de subida del sistema y la velocidad de transmisión que puede soportar cada enlace:

- Para L1(10.333 Km):

Calculando el tiempo de subida de la fibra óptica:

$$T_{fibra\acute{o}ptica} = 2.354\sigma = 2.354(2.048ps) = 0.004802ns$$

Calculando el tiempo de subida del sistema:

$$T_s = \sqrt{0.04^2 + 0.035^2 + 0.004802^2} = 53.367ps$$

Calculando la velocidad de transmisión:

$$B_R \leq \frac{0.7}{53.367ps} = 13.116Gbps$$

- Para L2(8.600 Km):

Calculando el tiempo de subida de la fibra óptica:

$$T_{\text{fibra óptica}} = 2.354\sigma = 2.354(1.705\text{ps}) = 0.00399\text{ns}$$

Calculando el tiempo de subida del sistema:

$$T_s = \sqrt{0.04^2 + 0.035^2 + 0.00399^2} = 53.3\text{ps}$$

Calculando la velocidad de transmisión:

$$B_R \leq \frac{0.7}{53.3\text{ps}} = 13.133\text{Gbps}$$

- Para L3(11.953 Km):

Calculando el tiempo de subida de la fibra óptica:

$$T_{\text{fibra óptica}} = 2.354\sigma = 2.354(2.369\text{ps}) = 0.00555\text{ns}$$

Calculando el tiempo de subida del sistema:

$$T_s = \sqrt{0.04^2 + 0.035^2 + 0.00555^2} = 53.439\text{ps}$$

Calculando la velocidad de transmisión:

$$B_R \leq \frac{0.7}{53.439\text{ps}} = 13.098\text{Gbps}$$

- Para L4(13.523 Km):

Calculando el tiempo de subida de la fibra óptica:

$$T_{\text{fibra óptica}} = 2.354\sigma = 2.354(2.68\text{ps}) = 0.00628\text{ns}$$

Calculando el tiempo de subida del sistema:

$$T_s = \sqrt{0.04^2 + 0.035^2 + 0.00628^2} = 53.52\text{ps}$$

Calculando la velocidad de transmisión:

$$B_R \leq \frac{0.7}{53.52\text{ps}} = 13.079\text{Gbps}$$

Se puede observar que en todos los enlaces Backbone la velocidad de transmisión está alrededor de 13Gbps y pueden soportar la velocidad a la que se desea operar en estos enlaces (10Gbps). También se establece los límites de ancho de banda.

CAPITULO IV PRESUPUESTO DEL PROYECTO

El Presupuesto del proyecto consistirá en tres partes:

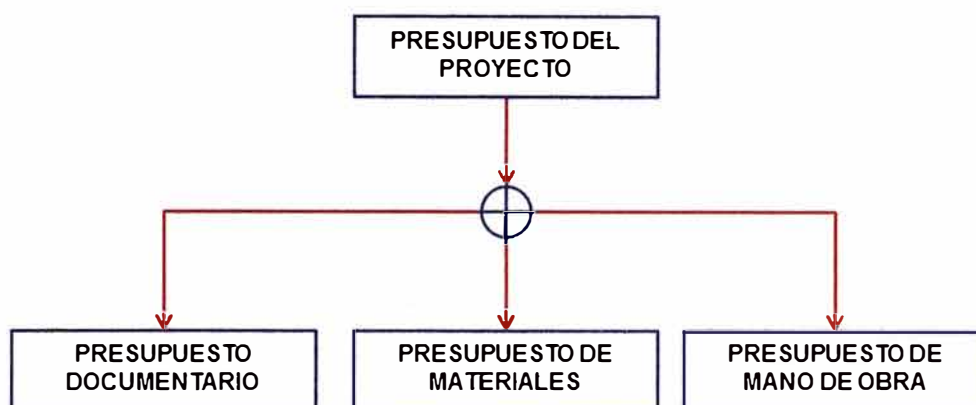


Fig 4.1.- Diagrama del Presupuesto del Proyecto.

4.1.- Presupuesto de trámite documentario

En este presupuesto estarán incluidos los gastos que se generarán por la obtención de licencia de las entes GDU (Gerencia de Desarrollo Urbano), GTU (Gerencia de Transporte Urbano) y Municipios distritales que involucran las rutas para la realización de trabajos. Para determinar el monto total destinado para el Presupuesto de Trámite documentario en cada enlace Backbone es necesario conocer el costo por cada concepto que se tiene que pagar en cada ente.

4.1.1.- Detalle de forma de cobro en cada ente

A continuación detallaremos la manera de cálculo de cobro en cada concepto por cada ente.

a) GDU (Gerencia de Desarrollo Urbano) : Los conceptos de pagos en este ente son:

- **Concepto por cada 50 ml de cableado:** Consiste en el cobro por cada 50 ml de cableado dentro de las avenidas y/o calles consideradas como principales por este ente. El costo por cada 50ml de cableado es S/. 82.46 soles, pero para nuestra comodidad cálculo si realizamos esta operación $S/. 82.46/50 = S/. 1.6492$ soles determinaremos el costo de este ente por cada 1ml de cableado.
- **Concepto por cada cruce:** Consiste en el cobro por cada cruce del cableado a las avenidas y/o calles principales. Este cobro será considerado si la línea de cableado

estando en una de las avenidas y/o calles principales cruza una avenida y/o calle principal. El costo por cada cruce de avenida y/o calle consideradas como principales es de S/. 68.69 soles.

- **Concepto por cada documento:** Consiste en el cobro por cada documento ingresado al ente para su licitación. El costo por cada documento ingresado es de S/. 103.06 soles.

b) GTU (Gerencia de Transporte Urbano): Los conceptos de pagos en este ente son:

- **Concepto por cada cruce:** Consiste en el cobro por cada cruce del cableado a las avenidas , calles y/o pasajes considerados como vías locales o municipales por este ente. Este cobro será considerado si la línea de cableado estando en una de las avenidas y/o calles principales cruza una avenida, calle y/o pasaje local o municipal. El costo por cada cruce de avenida, calle y/o pasaje local o municipal es de S/. 68.69 soles.

- **Concepto por Opinión técnica EMAPE:** Consiste en el cobro por cada documento ingresado a EMAPE para su opinión técnica y posteriormente para su licitación respecto al cableado, ya sea por cruce y/o uso de las obras que corresponden a su jurisdicción de este ente. El costo por proceso es de S/. 103.06 soles.

c) Municipalidad: Los conceptos de pagos en este ente son:

- **Concepto por cada documento:** Consiste en el cobro por cada documento ingresado a la municipalidad para su licitación. El costo por cada documento ingresado se detalla en la TUPA de dicha municipalidad.

- **Concepto por cada 1 ml de cableado:** Consiste en el cobro por cada 1 ml de cableado dentro de las avenidas, calles y/o pasajes locales o municipales pertenecientes a dicho municipio distrital. El costo por tal concepto se detalla en la TUPA de dicha municipalidad.

Como cada municipalidad es independiente de la otra, los conceptos y costos originados para la licitación del proyecto dependen de la TUPA de cada municipio.

i) Nodo Central - Nodo A:

Tabla 4.1.- Costo Total documentario del enlace Nodo Central - Nodo A

DOCUMENTACIÓN ENLACE NODO CENTRAL - NODO A					
ENTE	CONCEPTO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO(S/.)
GDU	Costo por cada 50ml de cableado	Distancia	m	6920	11412.46
		Precio por metro	S/. / m	S/. 1.64920	
GDU	Costo por cada cruce	# Cruces	c	16	1099.04
		Precio por cruces	S/. / c	S/. 68.69	
GDU	Costo por cada documento	Documentos	doc	1	103.06
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 103.06	
GTU	Costo por cada cruce	# Cruces	c	54	3709.26
		Precio por cruces	S/. / c	S/. 68.69	
Muni. La Victoria	Costo por cada documento	Documentos	doc	1	54.00
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 54.00	

Muni. La Victoria	Costo por cada 1ml de cableado	Distancia	m	170	255.00
		Precio por metro	S/. / m	S/. 1.50	
Muni. Lince	Costo por cada documento	Documentos	doc	1	47.00
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 47.00	
Muni. Lince	Costo por cada 1ml de cableado	Distancia	m	2220	2664.00
		Precio por metro	S/. / m	S/. 1.20	
COSTO DOCUMENTARIO TOTAL DEL ENLACE (S/.)					19343.82

El costo documentario para la licitación de este enlace Backbone es S/. 19 343.82 soles. Los precios unitarios de la columna DESCRIPCIÓN son los vigentes a la fecha y obtenidos desde los entes en cuestión o por medio de la TUPA (Texto Único de Procedimientos Administrativos) para el caso de las municipalidades distritales.

ii) Nodo A - Nodo B:

Tabla 4.2.- Costo Total documentario del enlace Nodo A - Nodo B

DOCUMENTACIÓN ENLACE NODO A - NODO B					
ENTE	CONCEPTO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO(S/.)
GDU	Costo por cada 50ml de cableado	Distancia	m	7011	11562.54
		Precio por metro	S/. / m	S/. 1.64920	
GDU	Costo por cada cruce	# Cruces	c	23	1579.87
		Precio por cruces	S/. / c	S/. 68.69	
GDU	Costo por cada documento	Documentos	doc	1	103.06
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 103.06	
GTU	Costo por cada cruce	# Cruces	c	38	2610.22
		Precio por cruces	S/. / c	S/. 68.69	
Muni. La Victoria	Costo por cada documento	Documentos	doc	1	197.00
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 197.00	
Muni. La Victoria	Costo por cada 1ml de cableado	Distancia	m	1326	1989.00
		Precio por metro	S/. / m	S/. 1.50	
COSTO DOCUMENTARIO TOTAL DEL ENLACE (S/.)					18041.69

El costo documentario para la licitación de este enlace Backbone es S/. 18 041.69 soles. Los precios unitarios de la columna DESCRIPCIÓN son los vigentes a la fecha y obtenidos desde el ente en cuestión o por medio de la TUPA (Texto Único de Procedimientos Administrativos) para el caso de las municipalidades distritales.

iii) Nodo B - Nodo C:

Tabla 4.3.- Costo Total documentario del enlace Nodo B - Nodo C.

DOCUMENTACIÓN ENLACE NODO B - NODO C					
ENTE	CONCEPTO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO(S/.)
GDU	Costo por cada 50ml de cableado	Distancia	m	7151	11793.43
		Precio por metro	S/. / m	S/. 1.64920	

GDU	Costo por cada cruce	# Cruces	c	23	1579.87
		Precio por cruces	S/. / c	S/. 68.69	
GDU	Costo por cada documento	Documentos	doc	1	103.06
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 103.06	
GTU	Costo por cada cruce	# Cruces	c	26	1785.94
		Precio por cruces	S/. / c	S/. 68.69	
GTU	Costo documento Canalizado 2,3,4 y 5)	Documentos	doc	1	103.06
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 103.06	
GTU	Opinión técnica EMAPE(Canalizado 2,3,4 y 5)	Documentos	doc	1	103.06
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 103.06	
Muni. La Victoria	Costo por cada documento	Documentos	doc	1	197.00
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 197.00	
Muni. La Victoria	Costo por cada 1ml de cableado	Distancia	m	1483	2224.50
		Precio por metro	S/. / m	S/. 1.50	
Muni. La Victoria	Costo documento Canalizado 2,3 y 4	Documentos	doc	1	197.00
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 197.00	
Muni. Santa Anita	Costo por cada documento	Documentos	doc	1	150.00
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 150.00	
Muni. Santa Anita	Costo por cada 1ml de cableado	Distancia	m	1278	1789.20
		Precio por metro	S/. / m	S/. 1.40	
Muni. El Agustino	Costo por cada documento	Documentos	doc	1	61.00
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 61.00	
Muni. El Agustino	Costo por cada 1ml de cableado	Distancia	m	590	708.00
		Precio por metro	S/. / m	S/. 1.20	
Muni. El Agustino	Costo documento Canalizado 5	Documentos	doc	1	62.30
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 62.30	

El costo documentario para la licitación de este enlace Backbone es S/. 20 754.36 soles. Los precios unitarios de la columna DESCRIPCIÓN son los vigentes a la fecha y obtenidos desde el ente en cuestión o por medio de la TUPA (Texto Único de Procedimientos Administrativos) para el caso de las municipalidades distritales.

iv) Nodo C - Nodo Central:

Tabla 4.4.- Costo Total documentario del enlace Nodo C - Nodo Central

DOCUMENTACIÓN ENLACE NODO C - NODO CENTRAL					
ENTE	CONCEPTO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO(S/.)
GDU	Costo por cada 50ml de cableado	Distancia	m	10122	16693.20
		Precio por metro	S/. / m	S/.1.6492	

GDU	Costo por cada cruce	# Cruces	c	25	1717.25
		Precio por cruces	S/. / c	S/. 68.69	
GDU	Costo por cada documento	Documentos	doc	1	103.06
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 103.06	
GDU	Costo por cada cruce	# Cruces	c	31	2129.39
		Precio por cruces	S/. / c	S/. 68.69	
GDU	Opinión técnica EMAPE(Canalizado1,6,7,8,10,11,12 y 14)	Documentos	doc	1	103.06
		Precio por Documento	S/./doc	S/.103.06	
GDU	Costo documento Canalizado1,6,7,8,9,10,11,12,13 y 14	Documentos	doc	1	103.06
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 103.06	
Muni. La Victoria	Costo por cada documento	Documentos	doc	1	197.00
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 197.00	
Muni. La Victoria	Costo por cada 1ml de cableado	Distancia	m	760	1140.00
		Precio por metro	S/. / m	S/. 1.50	
Muni. La Victoria	Costo documento Canalizado 6 y 7	Documentos	doc	1	197.00
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 197.00	
Muni. Santa Anita	Costo por cada documento	Documentos	doc	1	150.00
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 150.00	
Muni. Santa Anita	Costo por cada 1ml de cableado	Distancia	m	625	875.00
		Precio por metro	S/. / m	S/. 1.40	
Muni. San Luis	Costo por cada 1ml de cableado Subterráneo	Distancia	m	175	350.00
		Precio por metro	S/. / m	S/. 2.00	
Muni. San Luis	Costo documento Canalizado 8,9,10 y 11	Documentos	doc	1	89.30
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 89.30	
Muni. Ate Vitarte	Costo por cada 1ml de cableado Subterráneo	Distancia	m	175	315.00
		Precio por metro	S/. / m	S/. 1.80	
Muni. Ate Vitarte	Costo documento Canalizado 12,13 y 14	Documentos	doc	1	350.00
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 350.00	
Muni. San Isidro	Costo por documento camara Subterránea	Documentos	doc	1	614.00
		Precio por Documento	S/./doc	S/.614.00	
Muni. San Isidro	Costo por cableado Subterráneo(<100m)	Distancia	m	1	384.00
		Precio por metro	S/. / m	S/. 384.00	

Muni. San Isidro	Costo documento Canalizado 1	Documentos	doc	1	504.00
		Precio por Documento	S/./doc	S/. 504.00	
COSTO DOCUMENTARIO TOTAL DEL ENLACE (S/.)					26014.32

El costo documentario para la licitación de este enlace Backbone es S/. 26 014.32 soles. Los precios unitarios de la columna DESCRIPCIÓN son los vigentes a la fecha y obtenidos desde la ente en cuestión o por medio de la TUPA (Texto Único de Procedimientos Administrativos) para el caso de las municipalidades distritales.

El costo total documentario para la obtención de licencia para la ejecución del proyecto es:

Tabla 4.5.- Costo Total documentario del Proyecto Backbone.

ITEM	ENLACE	COSTO (S/.)
1	COSTO DOCUMENTARIO DEL ENLACE NODO CENTRAL - NODO A	19343.82
2	COSTO DOCUMENTARIO DEL ENLACE NODO A - NODO B	18041.69
3	COSTO DOCUMENTARIO DEL ENLACE NODO B - NODO C	20857.42
4	COSTO DOCUMENTARIO DEL ENLACE NODO C - NODO CENTRAL	26014.32
COSTO TOTAL DEL TRAMITE DOCUMENTARIO (S/.)		84257.26

Del cuadro anterior, el Presupuesto de trámite documentario para la licitación de todo el proyecto es S/. 84 257.26 soles.

4.2.- Presupuesto de Materiales.

En este presupuesto estarán incluidos los gastos que se generarán por la compra de materiales de obra.

4.2.1 Materiales del Cableado Aéreo

i) Nodo Central - Nodo A:

Anteriormente se determinó la cantidad de ferretería que se usará en este enlace:

- Suspensión(Chapa): 163 unidades.
- Tensión(Cleps): 202 unidades.
- Preformado: 202 unidades; sabiendo que por cada clep se usará un preformado.
- Hebillas 3/4: 554 unidades; sabiendo que por cada chapa, par de cleps o cruceta se usará 2 unidades de hebillas 3/4. Calcularemos la cantidad de cajas de hebillas (1caja=100hebillas) necesitaremos, calculando $554/100=5.54$ cajas entonces se necesitaran 6 cajas.
- Mensajero: 60 metros de acero.
- Cinta band it 3/4: 387.8 metros de cinta; sabiendo que cada caja de cinta band it

contiene 30.48 metros (100pies) de cinta por lo tanto se usará un total de 13 cajas de cinta band it.

- Cable fibra óptica G.655: 10 333 metros (2 bobinas enteras y 2333 metros de la tercera bobina).

- Crucetas: 11 unidades.

- Mufas: 2 unidades.

- ODF 24 FO: 2 unidades (una en cada nodo).

- Chapa de cruce: 2 unidades.

- Brazo separador: 1 unidad.

- Accesorios de Retenida Vertical: 12 unidades.

Teniendo ya en cuenta la cantidad de cada ferretería que se usará para la implementación de esta ruta se obtendrá:

Tabla 4.6.- Costo Total de Materiales del enlace Nodo Central - Nodo A.

MATERIALES ENLACE NODO CENTRAL - NODO A					
ITEM	ACCESORIOS	UNIDADES	CANT.	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO SUBTOTAL (S/.)
CABLEADO AÉREO					
1	Chapa(Pasante)	unidad	163	34.21	5576.23
2	Clep(Clevis)	unidad	202	35.77	7225.54
3	Preformado	unidad	202	5.63	1137.26
4	Hebillas 3/4	Cajas	6	89.56	537.36
5	Mensajero	metros	60	1.748	104.88
6	Cinta band it 3/4	cajas	13	195.58	2542.54
7	Cable 24FO ADSS G.655	bobinas	3	12749.088	38247.264
8	Crucetas	unidad	11	42.62	468.82
9	Mufas	unidad	2	58.79	117.58
10	ODF 24 FO	unidad	2	132.77	265.54
11	Chapa de cruce	unidad	2	63	126
12	Brazo separador	unidad	1	140.89	140.89
RETENIDA VERTICAL					
13	Arandela Plana	unidad	12	125	1500
14	Arandela Curva	unidad			
15	Alambre para devanar	metros			
16	Brazo para ancla Vertical	unidad			
17	Bloque de concreto	unidad			
18	Varilla para ancla	unidad			
19	Chapa de sujección	unidad			
20	Cinta band it 3/4	metros			
21	Hebillas 3/4	unidad			
22	Cable mensajero(15m)	metros			
23	Pasador final torcido	unidad			

24	Tuerca cuadrada	unidad			
25	Protector de riostra	unidad			
COSTO TOTAL DE MATERIALES TOTAL DEL ENLACE (S/.)					57989.904

El costo de materiales para la realización de este enlace Backbone es S/. 57 989.904 soles. Los precios unitarios de la columna DESCRIPCIÓN son los precios existentes en el mercado.

ii) Nodo A - Nodo B:

Anteriormente se determinó la cantidad de ferretería que se usará en este enlace:

- Suspensión(Chapa): 139 unidades.
- Tensión(Cleps): 154 unidades.
- Preformado: 159 unidades; sabiendo que por cada clep se usará un preformado y por cada brazo separador se usará 2 unidades de preformado.
- Hebillas 3/4: 460 unidades; sabiendo que por cada chapa, par de cleps o cruceta se usará 2 unidades de hebillas 3/4.

Calcularemos la cantidad de cajas de hebillas (1caja=100hebillas) necesitaremos, calculando $460/100=4.6$ cajas entonces se necesitaran 5 cajas.

- Mensajero: 220 metros de acero.
- Cinta band it 3/4: 322 metros de cinta; sabiendo que cada caja de cinta band it contiene 30.48 metros (100pies) de cinta por lo tanto se usará un total de 11 cajas de cinta band it.
- Cable fibra óptica G.655: 8600 metros (2 bobinas enteras y 600 metros de la tercera bobina).
- Crucetas: 11unidades.
- Mufas: 2 unidades.
- ODF 24 FO: 2 unidades (una en cada nodo).
- Chapa de cruce: 2 unidades.
- Brazo separador: 2 unidades.
- Accesorios de Retenida Vertical: 5 unidades.
- Accesorios de Retenida Horizontales: 3 unidades.

Teniendo ya en cuenta la cantidad de cada ferretería que se usará para la implementación de esta ruta se obtendrá:

Tabla 4.7.- Costo Total de Materiales del enlace Nodo A - Nodo B

MATERIALES ENLACE NODO A - NODO B					
ITEM	ACCESORIOS	UNIDADES	CANT.	COSTO UNITARIO(S/.)	COSTO SUBTOTAL(S/.)
CABLEADO AÉREO					
1	Chapa(Pasante)	unidad	139	34.21	4755.19
2	Clep(Clevis)	unidad	154	35.77	5508.58

3	Preformado	unidad	159	5.63	895.17
4	Hebillas 3/4	Cajas	5	89.56	447.8
5	Mensajero	metros	220	1.748	384.56
6	Cinta band it 3/4	cajas	11	195.58	2151.38
7	Cable 24FO ADSS G.655	bobinas	3	12749.088	38247.264
8	Crucetas	unidad	11	42.62	468.82
9	Mufas	unidad	2	58.79	117.58
10	ODF 24 FO	unidad	2	132.77	265.54
11	Chapa de cruce	unidad	5	63	315
12	Brazo separador	unidad	2	140.89	281.78
RETENIDA VERTICAL					
13	Arandela Plana	unidad	5	125	625
14	Arandela Curva	unidad			
15	Alambre para devanar	metros			
16	Brazo para ancla Vertical	unidad			
17	Bloque de concreto	unidad			
18	Varilla para ancla	unidad			
19	Chapa de sujeción	unidad			
20	Cinta band it 3/4	metros			
21	Hebillas 3/4	unidad			
22	Cable mensajero(15m)	metros			
23	Pasador final torcido	unidad			
24	Tuerca cuadrada	unidad			
25	Protector de riostra	unidad			
RETENIDA HORIZAONTAL					
26	Arandela Plana	unidad	3	105	315
27	Arandela Curva	unidad			
28	Alambre para devanar	metros			
29	Bloque de concreto	unidad			
30	Chapa de sujeción	unidad			
31	Cable mensajero	metros			
32	Pasador final torcido	unidad			
33	Tuerca cuadrada	unidad			
34	Protector de riostra	unidad			
35	Varilla para ancla	unidad			
COSTO TOTAL DE MATERIALES TOTAL DEL ENLACE (S/.)					54778.664

El costo de materiales para la realización de este enlace Backbone es S/. 54 778.664 soles. Los precios unitarios de la columna DESCRIPCIÓN son los precios existentes en el mercado.

iii) Nodo B - Nodo C:

Anteriormente se determinó la cantidad de ferretería que se usará en este enlace backbone:

- Suspensión(Chapa): 191 unidades.
- Tensión(Cleps): 202 unidades.
- Preformado: 208 unidades; sabiendo que por cada clep se usará un preformado y por cada brazo separador se usará 2 unidades de preformado.
- Hebillas 3/4: 628 unidades; sabiendo que por cada chapa, par de cleps o cruceta se usará 2 unidades de hebillas 3/4. Calcularemos la cantidad de cajas de hebillas (1caja=100hebillas) necesitaremos, calculando $628/100=6.28$ cajas entonces se necesitaran 7 cajas.
- Mensajero: 459 metros de acero.
- Cinta band it 3/4: 439.6 metros de cinta; sabiendo que cada caja de cinta band it contiene 30.48 metros(100pies) de cinta por lo tanto se usará un total de 15 cajas de cinta band it.
- Cable fibra óptica G.655: 11953 metros (2 bobinas enteras y 3953 metros de la tercera bobina).
- Crucetas: 13 unidades.
- Mufas: 2 unidades.
- ODF 24 FO: 2 unidades (una en cada nodo).
- Chapa de cruce: 10 unidades.
- Brazo separador: 4 unidades.
- Accesorios de Retenida Vertical: 18 unidades.
- Accesorios de Retenida Horizontales: 8 unidades.

Teniendo ya en cuenta la cantidad de cada ferreteria que se usará para la implementación de esta ruta se obtendrá:

Tabla 4.8.- Costo Total de Materiales del enlace Nodo B - Nodo C

MATERIALES ENLACE NODO B - NODO C					
ITEM	ACCESORIOS	UNIDADES	CANT.	COSTO UNITARIO(S/.)	COSTO SUBTOTAL(S/.)
CABLEADO AÉREO					
1	Chapa(Pasante)	unidad	191	34.21	6534.11
2	Clep(Clevis)	unidad	202	35.77	7225.54
3	Preformado	unidad	208	5.63	1171.04
4	Hebillas 3/4	Cajas	7	89.56	626.92
5	Mensajero	metros	459	1.748	802.332
6	Cinta band it 3/4	cajas	15	195.58	2933.7
7	Cable 24FO ADSS G.655	bobinas	3	12749.088	38247.264
8	Crucetas	unidad	13	42.62	554.06
9	Mufas	unidad	2	58.79	117.58
10	ODF 24 FO	unidad	2	132.77	265.54
11	Chapa de cruce	unidad	10	63	630

12	Brazo separador	unidad	4	140.89	563.56
RETENIDA VERTICAL					
13	Arandela Plana	unidad	18	125	2250
14	Arandela Curva	unidad			
15	Alambre para devanar	metros			
16	Brazo para ancla Vertical	unidad			
17	Bloque de concreto	unidad			
18	Varilla para ancla	unidad			
19	Chapa de sujección	unidad			
20	Cinta band it 3/4	metros			
21	Hebillas 3/4	unidad			
22	Cable mensajero(15m)	metros			
23	Pasador final torcido	unidad			
24	Tuerca cuadrada	unidad			
25	Protector de riostra	unidad			
RETENIDA HORIZAONTAL					
26	Arandela Plana	unidad	8	105	840
27	Arandela Curva	unidad			
28	Alambre para devanar	metros			
29	Bloque de concreto	unidad			
30	Chapa de sujección	unidad			
31	Cable mensajero	metros			
32	Pasador final torcido	unidad			
33	Tuerca cuadrada	unidad			
34	Protector de riostra	unidad			
35	Varilla para ancla	unidad			
COSTO TOTAL DE MATERIALES TOTAL DEL ENLACE (S/.)					62761.646

El costo de materiales para la realización de este enlace Backbone es S/. 62 761.646 soles. Los precios unitarios de la columna DESCRIPCIÓN son los precios existentes en el mercado.

iv) Nodo C - Nodo Central:

Anteriormente se determinó la cantidad de ferretería que se usará en este enlace:

- Suspensión(Chapa): 217 unidades.
- Tensión(Cleps): 182 unidades.
- Preformado: 205 unidades; sabiendo que por cada clep se usará un preformado y por cada brazo separador se usará 2 unidades de preformado.
- Hebillas 3/4: 670 unidades; sabiendo que por cada chapa, par de cleps o cruceta se usará 2 unidades de hebillas 3/4. Calcularemos la cantidad de cajas de hebillas (1caja=100hebillas) necesitaremos, calculando $670/100=6.7$ cajas entonces se necesitaran 7 cajas.

- Mensajero: 431 metros de acero.
- Cinta band it 3/4: 469 metros de cinta; sabiendo que cada caja de cinta band it contiene 30.48 metros (100pies) de cinta por lo tanto se usará un total de 16 cajas de cinta band it.
- Cable fibra óptica G.655: 13523 metros (3 bobinas y 1523 metros de la cuarta bobina).
- Crucetas: 17 unidades.
- Mufas: 3 unidades.
- ODF 24 FO: 2 unidades (una en cada nodo).
- Chapa de cruce: 9 unidades.
- Brazo separador: 1 unidad.
- Accesorios de Retenida Vertical: 11 unidades.
- Accesorios de Retenida Horizontales: 6 unidades.

Entonces de estos datos se obtiene:

Tabla 4.9.- Costo Total de Materiales del enlace Nodo C - Nodo Central

MATERIALES ENLACE NODO C - NODO CENTRAL					
ITEM	ACCESORIOS	UNIDADES	CANT.	COSTO UNITARIO(S/.)	COSTO SUBTOTAL(S/.)
CABLEADO AÉREO					
1	Chapa(Pasante)	unidad	217	34.21	7423.57
2	Clep(Clevis)	unidad	182	35.77	6510.14
3	Preformado	unidad	205	5.63	1154.15
4	Hebillas 3/4	Cajas	7	89.56	626.92
5	Mensajero	metros	431	1.748	753.388
6	Cinta band it 3/4	cajas	16	195.58	3129.28
7	Cable 24FO ADSS G.655	bobinas	4	12749.088	50996.352
8	Crucetas	unidad	17	42.62	724.54
9	Mufas	unidad	3	58.79	176.37
10	ODF 24 FO	unidad	2	132.77	265.54
11	Chapa de cruce	unidad	9	63	567
12	Brazo separador	unidad	1	140.89	140.89
RETENIDA VERTICAL					
13	Arandela Plana	unidad	11	125	1375
14	Arandela Curva	unidad			
15	Alambre para devanar	metros			
16	Brazo para ancla Vertical	unidad			
17	Bloque de concreto	unidad			
18	Varilla para ancla	unidad			
19	Chapa de sujección	unidad			
20	Cinta band it 3/4	metros			
21	Hebillas 3/4	unidad			
22	Cable mensajero(15m)	metros			
23	Pasador final torcido	unidad			

24	Tuerca cuadrada	unidad			
25	Protector de riostra	unidad			
RETENIDA HORIZAONTAL					
26	Arandela Plana	unidad	6	105	630
27	Arandela Curva	unidad			
28	Alambre para devanar	metros			
29	Bloque de concreto	unidad			
30	Chapa de sujección	unidad			
31	Cable mensajero	metros			
32	Pasador final torcido	unidad			
33	Tuerca cuadrada	unidad			
34	Protector de riostra	unidad			
35	Varilla para ancla	unidad			
COSTO TOTAL DE MATERIALES TOTAL DEL ENLACE (S/.)					

El costo de materiales para la realización de este enlace Backbone es S/. 74 473.14 soles. Los precios unitarios de la columna DESCRIPCIÓN son los precios existentes en el mercado. Entonces se obtiene el siguiente cuadro:

Tabla 4.10.- Costo Total de Materiales del Cableado Aéreo.

ITEM	ENLACE	COSTO (S/.)
1	COSTO DE MATERIALES DEL ENLACE NODO CENTRAL - NODO A	57989.904
2	COSTO DE MATERIALES DEL ENLACE NODO A - NODO B	54778.664
3	COSTO DE MATERIALES DEL ENLACE NODO B - NODO C	62761.646
4	COSTO DE MATERIALES DEL ENLACE NODO C - NODO CENTRAL	74473.14
COSTO TOTAL DE MATERIALES DEL CABLEADO AÉREO (S/.)		250003.35

Del cuadro anterior, el Presupuesto de Materiales para la ejecución del cableado aéreo es S/. 250 003.35 soles.

4.2.2 Materiales del Canalizado

Son los materiales que se usaran para la ejecución de los 14 canalizados.

Tabla 4.11.- Costo Total de Materiales del Canalizado.

MATERIALES DEL CANALIZADO					
ITEM	ACCESORIOS	UNIDAD	CANT.	COSTO UNITARIO(S/.)	COSTO SUBTOTAL(S/.)
CANALIZADO 1					
1	Tubo PVC 4" liso(6m)	unidad	4	46.39	185.56
2	Codo PVC 4"(45°)	unidad	1	24.26	24.26
3	Reductor PVC de 4" a 2"	unidad	1	8.86	8.86
4	Tubo acero 2"(6m)	unidad	0.5	26.01	13.005
5	Cinta señalizadora(1m)	metros	44	0.7	30.8
CANALIZADO 2					
6	Tubo PVC 4" liso(6m)	unidad	2	46.39	92.78
7	Codo PVC 4"(45°)	unidad	1	24.26	24.26

8	Reductor PVC de 4" a 2"	unidad	1	8.86	8.86
9	Tubo acero 2"(6m)	unidad	0.5	26.01	13.005
10	Cinta señalizadora(1m)	metros	18	0.7	12.6
CANALIZADO 3					
11	Tubo PVC 4" liso(6m)	unidad	72	46.39	3340.08
12	Codo PVC 4"(45°)	unidad	0	24.26	0
13	Reductor PVC de 4" a 2"	unidad	0	8.86	0
14	Tubo acero 2"(6m)	unidad	0	26.01	0
15	Cinta señalizadora(1m)	metros	96	0.7	67.2
CANALIZADO 4					
16	Tubo PVC 4" liso(6m)	unidad	2	46.39	92.78
17	Codo PVC 4"(45°)	unidad	1	24.26	24.26
18	Reductor PVC de 4" a 2"	unidad	1	8.86	8.86
19	Tubo acero 2"(6m)	unidad	0.5	26.01	13.005
20	Cinta señalizadora(1m)	metros	20	0.7	14
CANALIZADO 5					
21	Tubo PVC 4" liso(6m)	unidad	22	46.39	1020.58
22	Codo PVC 4"(45°)	unidad	4	24.26	97.04
23	Reductor PVC de 4" a 2"	unidad	4	8.86	35.44
24	Tubo acero 2"(6m)	unidad	2	26.01	52.02
25	Cinta señalizadora(1m)	metros	121	0.7	84.7
CANALIZADO 6					
26	Tubo PVC 4" liso(6m)	unidad	1	46.39	46.39
27	Codo PVC 4"(45°)	unidad	1	24.26	24.26
28	Reductor PVC de 4" a 2"	unidad	1	8.86	8.86
29	Tubo acero 2"(6m)	unidad	0.5	26.01	13.005
30	Cinta señalizadora(1m)	metros	8	0.7	5.6
CANALIZADO 7					
31	Tubo PVC 4" liso(6m)	unidad	90	46.39	4175.1
32	Codo PVC 4"(45°)	unidad	0	24.26	0
33	Reductor PVC de 4" a 2"	unidad	0	8.86	0
34	Tubo acero 2"(6m)	unidad	0	26.01	0
35	Cinta señalizadora(1m)	metros	116	0.7	81.2
CANALIZADO 8					
36	Tubo PVC 4" liso(6m)	unidad	2	46.39	92.78
37	Codo PVC 4"(45°)	unidad	1	24.26	24.26
38	Reductor PVC de 4" a 2"	unidad	1	8.86	8.86
39	Tubo acero 2"(6m)	unidad	0.5	26.01	13.005
40	Cinta señalizadora(1m)	metros	18	0.7	12.6
CANALIZADO 9					
41	Tubo PVC 4" liso(6m)	unidad	34	46.39	1577.26
42	Codo PVC 4"(45°)	unidad	4	24.26	97.04
43	Reductor PVC de 4" a 2"	unidad	4	8.86	35.44

44	Tubo acero 2"(6m)	unidad	2	26.01	52.02
45	Cinta señalizadora(1m)	metros	9	0.7	6.3
CANALIZADO 10					
46	Tubo PVC 4" liso(6m)	unidad	14	46.39	649.46
47	Codo PVC 4"(45°)	unidad	4	24.26	97.04
48	Reductor PVC de 4" a 2"	unidad	4	8.86	35.44
49	Tubo acero 2"(6m)	unidad	2	26.01	52.02
50	Cinta señalizadora(1m)	metros	76	0.7	53.2
CANALIZADO 11					
51	Tubo PVC 4" liso(6m)	unidad	12	46.39	556.68
52	Codo PVC 4"(45°)	unidad	4	24.26	97.04
53	Reductor PVC de 4" a 2"	unidad	4	8.86	35.44
54	Tubo acero 2"(6m)	unidad	2	26.01	52.02
55	Cinta señalizadora(1m)	metros	64	0.7	44.8
CANALIZADO 12					
56	Tubo PVC 4" liso(6m)	unidad	30	46.39	1391.7
57	Codo PVC 4"(45°)	unidad	4	24.26	97.04
58	Reductor PVC de 4" a 2"	unidad	4	8.86	35.44
59	Tubo acero 2"(6m)	unidad	2	26.01	52.02
60	Cinta señalizadora(1m)	metros	176	0.7	123.2
CANALIZADO 13					
61	Tubo PVC 4" liso(6m)	unidad	22	46.39	1020.58
62	Codo PVC 4"(45°)	unidad	4	24.26	97.04
63	Reductor PVC de 4" a 2"	unidad	4	8.86	35.44
64	Tubo acero 2"(6m)	unidad	2	26.01	52.02
65	Cinta señalizadora(1m)	metros	118	0.7	82.6
CANALIZADO 14					
66	Tubo PVC 4" liso(6m)	unidad	14	46.39	649.46
67	Codo PVC 4"(45°)	unidad	4	24.26	97.04
68	Reductor PVC de 4" a 2"	unidad	4	8.86	35.44
69	Tubo acero 2"(6m)	unidad	2	26.01	52.02
70	Cinta señalizadora(1m)	metros	74	0.7	51.8
COSTO TOTAL DE MATERIALES DEL CANALIZADO (S/.)					17083.915

Entonces el costo total de materiales que se usara para el canalizado es: S/. 17 083.915 soles.

4.2.3 Materiales de las Cámaras

Son los materiales que se usaran para la ejecución de las 5 cámaras.

Tabla 4.12.- Costo Total de Materiales del Cámaras

MATERIALES DE LAS CAMARAS					
ITEM	ACCESORIOS	UNIDAD	CANT.	COSTO UNITARIO(S/.)	COSTO SUBTOTAL(S/.)
CAMARA 1					
1	Fierro Ø1/2(9m)	unidad	25	25.09	627.25

2	Fierro Ø3/8(9m)	unidad	35	14.29	500.15
3	Alambre N°16(1Kg)	Kg	15	4.2	63
4	Cemento(42.5Kg)	bolsa	15	17.3	259.5
5	Arena Gruesa	M3	1	51.9	51.9
6	Cuerda de guia(Nylon)	unidad	1	0.7	0.7
7	Tapones para ductos	unidad	72	50.7	3650.4
8	Piedra Chancada	M3	0.5	56.9	28.45
9	Aro y tapa de cámara	unidad	1	4200	4200
CAMARA 2					
10	Fierro Ø1/2(9m)	unidad	4	25.09	100.36
11	Fierro Ø3/8(9m)	unidad	14	14.29	200.06
12	Alambre N°16(1Kg)	Kg	8	4.2	33.6
13	Cemento(42.5Kg)	bolsa	8	17.3	138.4
14	Cuerda de guia(Nylon)	unidad	1	0.7	0.7
15	Tapones para ductos	unidad	18	50.7	912.6
16	Arena Gruesa	bolsa	10	5.4	54
17	Piedra Chancada	bolsa	5	5.7	28.5
18	Aro y tapa de cámara	unidad	1	4200	4200
CAMARA 3					
19	Fierro Ø1/2(9m)	unidad	4	25.09	100.36
20	Fierro Ø3/8(9m)	unidad	14	14.29	200.06
21	Alambre N°16(1Kg)	Kg	8	4.2	33.6
22	Cemento(42.5Kg)	bolsa	8	17.3	138.4
23	Cuerda de guia(Nylon)	unidad	1	0.7	0.7
24	Tapones para ductos	unidad	18	50.7	912.6
25	Arena Gruesa	bolsa	10	5.4	54
26	Piedra Chancada	bolsa	5	5.7	28.5
27	Aro y tapa de cámara	unidad	1	4200	4200
CAMARA 4					
28	Fierro Ø1/2(9m)	unidad	4	25.09	100.36
29	Fierro Ø3/8(9m)	unidad	14	14.29	200.06
30	Alambre N°16(1Kg)	Kg	8	4.2	33.6
31	Cemento(42.5Kg)	bolsa	8	17.3	138.4
32	Cuerda de guia(Nylon)	unidad	1	0.7	0.7
33	Tapones para ductos	unidad	18	50.7	912.6
34	Arena Gruesa	bolsa	10	5.4	54
35	Piedra Chancada	bolsa	5	5.7	28.5
36	Aro y tapa de cámara	unidad	1	4200	4200
CAMARA 5					
37	Fierro Ø1/2(9m)	unidad	4	25.09	100.36
38	Fierro Ø3/8(9m)	unidad	14	14.29	200.06
39	Alambre N°16(1Kg)	Kg	8	4.2	33.6
40	Cemento(42.5Kg)	bolsa	8	17.3	138.4

41	Cuerda de guia(Nylon)	unidad	1	0.7	0.7
42	Tapones para ductos	unidad	18	50.7	912.6
43	Arena Gruesa	bolsa	10	5.4	54
44	Piedra Chancada	bolsa	5	5.7	28.5
45	Aro y tapa de cámara	unidad	1	4200	4200
COSTO TOTAL DE MATERIALES DE LAS CAMARAS (S/.)					32054.23

Entonces el costo total de materiales que se usara para obra de las cámaras es: S/. 32 054.23 soles.

Entonces:

Tabla 4.13.- Costo Total de Materiales del Proyecto.

ITEM	ENLACE	COSTO (S/.)
1	COSTO DE MATERIALES DEL ENLACE NODO CENTRAL - NODO A	57989.904
2	COSTO DE MATERIALES DEL ENLACE NODO A - NODO B	54778.664
3	COSTO DE MATERIALES DEL ENLACE NODO B - NODO C	62761.646
4	COSTO DE MATERIALES DEL ENLACE NODO C - NODO CENTRAL	74473.14
5	COSTO DE MATERIALES DEL CANALIZADO	17083.915
6	COSTO DE MATERIALES DE LAS CAMARAS	32054.23
COSTO TOTAL DE MATERIALES (S/.)		299141.50

Entonces el costo total de materiales que se usara en todo el proyecto es: S/. 299 141.5 soles

4.3. Presupuesto de mano de obra.

En este presupuesto estarán incluidos los gastos que se generarán por la remuneración a los trabajadores y/o contrata que realizarán la ejecución del proyecto.

4.3.1. Presupuesto de Mano de Obra del Cableado Aéreo

i) Nodo Central - Nodo A:

Tabla 4.14.- Costo Total de Mano de obra del enlace Nodo A - Nodo B

MANO DE OBRA DEL ENLACE NODO CENTRAL - NODO A					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	COSTO UNITARIO(S/.)	COSTO SUBTOTAL(S/.)
CABLEADO AÉREO					
1	Tendido de fibra óptica ADSS G.655 (Incluye instalación completa de ferretería)	metros	10333	0.9	9299.7
2	Armado e instalación de ODF 24FO (Incluye conectorización y fusión)	unidad	2	600	1200
3	Armado e instalación de mufa (Incluye fución y acondicionamiento)	unidad	2	450	900
RETENIDA VERTICAL					
4	Instalación de Retenida Vertical (Incluye instalación completa de la retenida)	unidad	12	170	2040

RETENIDA HORIZONTAL					
5	Instalación de Retenida Horizontal (Incluye instalación completa de la retenida)	unidad	0	170	0
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA DEL ENLACE (S/.)					13439.7

El costo de mano de obra para la realización de este enlace Backbone es S/. 13 439.7 soles. Los precios unitarios de la columna DESCRIPCIÓN son los precios existentes en el mercado.

ii) Nodo A - Nodo B:

Tabla 4.15.- Costo Total de Mano de obra del enlace Nodo A - Nodo B

MANO DE OBRA DEL ENLACE NODO A - NODO B					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	COSTO UNITARIO(S/.)	COSTO SUBTOTAL(S/.)
CABLEADO AÉREO					
1	Tendido de fibra óptica ADSS G.655 (Incluye instalación completa de ferretería)	metros	8600	0.9	7740
2	Armado e instalación de ODF 24FO (Incluye conectorización y fusión)	unidad	2	600	1200
3	Armado e instalación de mufa (Incluye fuión y acondicionamiento)	unidad	2	450	900
RETENIDA VERTICAL					
4	Instalación de Retenida Vertical (Incluye instalación completa de la retenida)	unidad	5	170	850
RETENIDA HORIZAONTAL					
5	Instalación de Retenida Horizontal (Incluye instalación completa de la retenida)	unidad	3	170	510
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA DEL ENLACE (S/.)					11200

El costo de mano de obra para la realización de este enlace Backbone es S/. 11 200 soles. Los precios unitarios de la columna DESCRIPCIÓN son los precios existentes en el mercado.

iii) Nodo B - Nodo C:

Tabla 4.16.- Costo Total de Mano de obra del enlace Nodo B - Nodo C

MANO DE OBRA DEL ENLACE NODO B - NODO C					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	COSTO UNITARIO(S/.)	COSTO SUBTOTAL(S/.)
CABLEADO AÉREO					
1	Tendido de fibra óptica ADSS G.655 (Incluye instalación completa de ferretería)	metros	11953	0.9	10757.7
2	Armado e instalación de ODF 24FO (Incluye conectorización y fusión)	unidad	2	600	1200

3	Armado e instalación de mufa (Incluye fuíón y acondicionamiento)	unidad	2	450	900
RETENIDA VERTICAL					
4	Instalación de Retenida Vertical (Incluye instalación completa de la retenida)	unidad	18	170	3060
RETENIDA HORIZAONTAL					
5	Instalación de Retenida Horizontal (Incluye instalación completa de la retenida)	unidad	8	170	1360
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA DEL ENLACE (S/.)					17277.7

El costo de mano de obra para la realización de este enlace Backbone es S/. 17 277.7 soles.

Los precios unitarios de la columna DESCRIPCIÓN son los precios existentes en el mercado.

iv) Nodo C - Nodo Central:

Tabla 4.17.- Costo Total de Mano de obra del enlace Nodo C - Nodo Central

MANO DE OBRA DEL ENLACE NODO C - NODO CENTRAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	COSTO UNITARIO(S/.)	COSTO SUBTOTAL(S/.)
CABLEADO AÉREO					
1	Tendido de fibra óptica ADSS G.655 (Incluye instalación completa de ferretería)	metros	13523	0.9	12170.7
2	Armado e instalación de ODF 24FO (Incluye conectorización y fusión)	unidad	2	600	1200
3	Armado e instalación de mufa (Incluye fuíón y acondicionamiento)	unidad	3	450	1350
RETENIDA VERTICAL					
4	Instalación de Retenida Vertical (Incluye instalación completa de la retenida)	unidad	11	170	1870
RETENIDA HORIZAONTAL					
5	Instalación de Retenida Horizontal (Incluye instalación completa de la retenida)	unidad	6	170	1020
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA DEL ENLACE (S/.)					17610.7

El costo de mano de obra para la realización de este enlace Backbone es S/. 17 610.7 soles.

Los precios unitarios de la columna DESCRIPCIÓN son los precios existentes en el mercado. Entonces el costo total de mano de obra para el cableado aéreo es:

Tabla 4.18.- Costo Total de Mano de obra del Cableado Aéreo

ITEM	ENLACE	COSTO (S/.)
1	COSTO DE MATERIALES DEL ENLACE NODO CENTRAL - NODO A	13439.7
2	COSTO DE MATERIALES DEL ENLACE NODO A - NODO B	11200
3	COSTO DE MATERIALES DEL ENLACE NODO B - NODO C	17277.7
4	COSTO DE MATERIALES DEL ENLACE NODO C - NODO CENTRAL	17610.7
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA (S/.)		59528.10

Del cuadro anterior, el Presupuesto de Mano de obra para la ejecución del cableado aéreo es S/. 52 528.10 soles.

4.3.2. Presupuesto de Mano de Obra del Canalizado

El costo de la mano de obra para la ejecución de los 14 canalizados es:

Tabla 4.19.- Costo Total de Mano de obra del Canalizado

MANO DE OBRA DEL CANALIZADO					
ITEM	ACCESORIOS	UNIDAD	CANT.	COSTO UNITARIO(S/.)	COSTO SUBTOTAL(S/.)
CANALIZADO 1					
1	Demolición de vereda (10cm de espesor aprox.)	M2	23.25	13.03	302.9475
2	Excavación de terreno	M3	37.2	11.85	440.82
3	Llenado de arena	M3	6.51	37.5	244.125
4	Instalación de tubo PVC 4"	unidad	4	19.88	79.52
5	Colocación cinta señalizadora	m	44	1.28	56.32
6	Relleno y compactación de la zanja	M3	30.69	65.65	2014.7985
7	Resane de vereda	M2	23.25	28.5	662.625
8	Instalación de reductor PVC	unidad	1	8.5	8.5
9	Instalación de tubo acero 2"	unidad	1	25	25
CANALIZADO 2					
10	Demolición de vereda (10cm de espesor aprox.)	M2	5.43	13.03	70.7529
11	Excavación de terreno	M3	6.51	11.85	77.1435
12	Llenado de arena	M3	1.357	37.5	50.8875
13	Instalación de tubo PVC 4"	unidad	2	19.88	39.76
14	Colocación cinta señalizadora	m	18	1.28	23.04
15	Relleno y compactación de la zanja	M3	4.072	65.65	267.3268
16	Resane de vereda	M2	5.43	28.5	154.755
17	Instalación de reductor PVC	unidad	1	8.5	8.5
18	Instalación de tubo acero 2"	unidad	1	25	25
CANALIZADO 3					
19	Demolición de calzada (20cm de espesor aprox.)	M2	28.43	25.06	712.4558
20	Excavación de terreno	M3	34.12	11.85	404.322
21	Llenado de arena	M3	15.63	37.5	586.125
22	Instalación de tubo PVC 4"	unidad	72	19.88	1431.36

23	Colocación cinta señalizadora	m	96	1.28	122.88
24	Relleno y compactación de la zanja	M3	18.48	65.65	1213.212
25	Resane de calzada	M2	28.43	32.7	929.661
26	Instalación de reductor PVC	unidad	0	8.5	0
27	Instalación de tubo acero 2"	unidad	0	25	0
CANALIZADO 4					
28	Demolición de vereda (10cm de espesor aprox.)	M2	5.91	13.03	77.0073
29	Excavación de terreno	M3	7.099	11.85	84.12315
30	Llenado de arena	M3	1.47	37.5	55.125
31	Instalación de tubo PVC 4"	unidad	2	19.88	39.76
32	Colocación cinta señalizadora	m	20	1.28	25.6
33	Relleno y compactación de la zanja	M3	4.43	65.65	290.8295
34	Resane de vereda	M2	5.91	28.5	168.435
35	Instalación de reductor PVC	unidad	1	8.5	8.5
36	Instalación de tubo acero 2"	unidad	1	25	25
CANALIZADO 5					
37	Demolición de calzada (20cm de espesor aprox.)	M2	24.34	25.06	609.9604
38	Excavación de terreno	M3	29.08	11.85	344.598
39	Llenado de arena	M3	6.85	37.5	256.875
40	Instalación de tubo PVC 4"	unidad	22	19.88	437.36
41	Colocación cinta señalizadora	m	121	1.28	154.88
42	Relleno y compactación de la zanja	M3	18.255	65.65	1198.44075
43	Resane de calzada	M2	24.34	32.7	795.918
44	Instalación de reductor PVC	unidad	2	8.5	17
45	Instalación de tubo acero 2"	unidad	2	25	50
CANALIZADO 6					
46	Demolición de vereda (10cm de espesor aprox.)	M2	2.14	13.03	27.8842
47	Excavación de terreno	M3	2.57	11.85	30.4545
48	Llenado de arena	M3	0.53	37.5	19.875
49	Instalación de tubo PVC 4"	unidad	1	19.88	19.88
50	Colocación cinta señalizadora	m	8	1.28	10.24
51	Relleno y compactación de la zanja	M3	1.603	65.65	105.23695
52	Resane de vereda	M2	2.14	28.5	60.99
53	Instalación de reductor PVC	unidad	1	8.5	8.5
54	Instalación de tubo acero 2"	unidad	1	25	25
CANALIZADO 7					
55	Demolición de calzada (20cm de espesor aprox.)	M2	34.59	25.06	866.8254
56	Excavación de terreno	M3	41.51	11.85	491.8935

57	Llenado de arena	M3	19.02	37.5	713.25
58	Instalación de tubo PVC 4"	unidad	90	19.88	1789.2
59	Colocación cinta señalizadora	m	116	1.28	148.48
60	Relleno y compactación de la zanja	M3	15.56	65.65	1021.514
61	Resane de calzada	M2	34.59	32.7	1131.093
62	Instalación de reductor PVC	unidad	0	8.5	0
63	Instalación de tubo acero 2"	unidad	0	25	0
CANALIZADO 8					
64	Demilición de vereda (10cm de espesor aprox.)	M2	5.3	13.03	69.059
65	Excavación de terreno	M3	6.36	11.85	75.366
66	Llenado de arena	M3	15.63	37.5	586.125
67	Instalación de tubo PVC 4"	unidad	72	19.88	1431.36
68	Colocación cinta señalizadora	m	96	1.28	122.88
69	Relleno y compactación de la zanja	M3	18.48	65.65	1213.212
70	Resane de vereda	M2	5.91	28.5	168.435
71	Instalación de reductor PVC	unidad	1	8.5	8.5
72	Instalación de tubo acero 2"	unidad	1	25	25
CANALIZADO 9					
73	Demilición de calzada (20cm de espesor aprox.)	M2	38.47	25.06	964.0582
74	Excavación de terreno	M3	46.16	11.85	546.996
75	Llenado de arena	M3	9.61	37.5	360.375
76	Instalación de tubo PVC 4"	unidad	34	19.88	675.92
77	Colocación cinta señalizadora	m	9	1.28	11.52
78	Relleno y compactación de la zanja	M3	36.54	65.65	2398.851
79	Resane de calzada	M2	38.47	32.7	1257.969
80	Instalación de reductor PVC	unidad	2	8.5	17
81	Instalación de tubo acero 2"	unidad	2	25	50
CANALIZADO 10					
82	Condicionamiento de la Berma Central	M2	15.26	9.5	144.97
83	Excavación de terreno	M3	15.26	11.85	180.831
84	Llenado de arena	M3	3.81	37.5	142.875
85	Instalación de tubo PVC 4"	unidad	14	19.88	278.32
86	Colocación cinta señalizadora	m	76	1.28	97.28
87	Relleno y compactación de la zanja	M3	11.44	65.65	751.036
88	Resane de la Berma Central	M2	15.26	12	183.12
89	Instalación de reductor PVC	unidad	2	8.5	17
90	Instalación de tubo acero 2"	unidad	2	25	50
CANALIZADO 11					

91	Condicionamiento de la Berma Central	M2	12.64	9.5	120.08
92	Excavación de terreno	M3	12.64	11.85	149.784
93	Llenado de arena	M3	3.161	37.5	118.5375
94	Instalación de tubo PVC 4"	unidad	12	19.88	238.56
95	Colocación cinta señalizadora	m	64	1.28	81.92
96	Relleno y compactación de la zanja	M3	9.47	65.65	621.7055
97	Resane de la Berma Central	M2	12.64	12	151.68
98	Instalación de reductor PVC	unidad	2	8.5	17
99	Instalación de tubo acero 2"	unidad	2	25	50
CANALIZADO 12					
100	Demilición de calzada (20cm de espesor aprox.)	M2	34.84	25.06	873.0904
101	Excavación de terreno	M3	41.8	11.85	495.33
102	Llenado de arena	M3	8.71	37.5	326.625
103	Instalación de tubo PVC 4"	unidad	30	19.88	596.4
104	Colocación cinta señalizadora	m	176	1.28	225.28
105	Relleno y compactación de la zanja	M3	33.09	65.65	2172.3585
106	Resane de calzada	M2	34.84	32.7	1139.268
107	Instalación de reductor PVC	unidad	2	8.5	17
108	Instalación de tubo acero 2"	unidad	2	25	50
CANALIZADO 13					
109	Demilición de calzada (20cm de espesor aprox.)	M2	23.64	25.06	592.4184
110	Excavación de terreno	M3	28.63	11.85	339.2655
111	Llenado de arena	M3	5.91	37.5	221.625
112	Instalación de tubo PVC 4"	unidad	22	19.88	437.36
113	Colocación cinta señalizadora	m	118	1.28	151.04
114	Relleno y compactación de la zanja	M3	22.72	65.65	1491.568
115	Resane de calzada	M2	23.64	32.7	773.028
116	Instalación de reductor PVC	unidad	2	8.5	17
117	Instalación de tubo acero 2"	unidad	2	25	50
CANALIZADO 14					
118	Condicionamiento de la Berma Central	M2	14.56	9.5	138.32
119	Excavación de terreno	M3	14.56	11.85	172.536
120	Llenado de arena	M3	3.64	37.5	136.5
121	Instalación de tubo PVC 4"	unidad	14	19.88	278.32
122	Colocación cinta señalizadora	m	74	1.28	94.72
123	Relleno y compactación de la zanja	M3	10.91	65.65	716.2415
124	Resane de la Berma Central	M2	14.56	12	174.72
125	Instalación de reductor PVC	unidad	2	8.5	17

126	Instalación de tubo acero 2"	unidad	2	25	50
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA DEL CANALIZADO (S/.)					46118.90565

Del cuadro anterior, el Presupuesto de Mano de obra para la ejecución del canalizado es S/. 46 118.905 soles.

Esta cantidad puede ser modificable según el costo de mano de obra.

4.3.2. Presupuesto de Mano de Obra de las Cámaras

El costo de la mano de obra para la ejecución de las cámaras subterráneas es:

Tabla 4.20.- Costo Total de Mano de obra de las Cámaras

MANO DE OBRA DE LAS CAMARA					
ITEM	ACCESORIOS	UNIDAD	CANT.	COSTO UNITARIO(S/.)	COSTO SUBTOTAL(S/.)
CAMARA 1					
1	Demilición de vereda (10cm de espesor aprox.)	M2	10.935	13.03	142.48305
2	Excavación de terreno	M3	27.33	11.85	323.8605
3	Piso	M2	8.775	79.1	694.1025
4	Levantamiento de muros(0.2mx2.5m)	m	10.8	265	2862
5	Techo	M2	10.935	162	1771.47
6	Colocación de mechas para ducteria	unidad	72	15	1080
7	Instalación de aro y tapa	unidad	1	30	30
8	Resane de vereda	M2	10.935	28.5	311.6475
CAMARA 2					
9	Demilición de vereda (10cm de espesor aprox.)	M2	2.56	13.03	33.3568
10	Excavación de terreno	M3	4.608	11.85	54.6048
11	Piso	M2	1.44	79.1	113.904
12	Levantamiento de muros(0.2mx1.8m)	m	6.4	265	1696
13	Techo	M2	2.56	162	414.72
14	Colocación de mechas para ducteria	unidad	18	15	270
15	Instalación de aro y tapa	unidad	1	30	30
16	Resane de vereda	M2	2.56	28.5	72.96
CAMARA 3					
17	Demilición de vereda (10cm de espesor aprox.)	M2	2.56	13.03	33.3568
18	Excavación de terreno	M3	4.608	11.85	54.6048
19	Piso	M2	1.44	79.1	113.904
20	Levantamiento de muros(0.2mx1.8m)	m	6.4	265	1696
21	Techo	M2	2.56	162	414.72
22	Colocación de mechas para ducteria	unidad	18	15	270

23	Instalación de aro y tapa	unidad	1	30	30
24	Resane de vereda	M2	2.56	28.5	72.96
CAMARA 4					
25	Demilición de vereda (10cm de espesor aprox.)	M2	2.56	13.03	33.3568
26	Excavación de terreno	M3	4.608	11.85	54.6048
27	Piso	M2	1.44	79.1	113.904
28	Levantamiento de muros(0.2mx1.8m)	m	6.4	265	1696
29	Techo	M2	2.56	162	414.72
30	Colocación de mechas para ducteria	unidad	18	15	270
31	Instalación de aro y tapa	unidad	1	30	30
32	Resane de vereda	M2	2.56	28.5	72.96
CAMARA 5					
33	Demilición de vereda (10cm de espesor aprox.)	M2	2.56	13.03	33.3568
34	Excavación de terreno	M3	4.608	11.85	54.6048
35	Piso	M2	1.44	79.1	113.904
36	Levantamiento de muros(0.2mx1.8m)	m	6.4	265	1696
37	Techo	M2	2.56	162	414.72
38	Colocación de mechas para ducteria	unidad	18	15	270
39	Instalación de aro y tapa	unidad	1	30	30
40	Resane de vereda	M2	2.56	28.5	72.96
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA DEL CANALIZADO (S/.)					17957.74595

Entonces el costo total de mano de obra para todo el proyecto es: S/. 123 604.75 soles. En resumen, el cuadro de presupuestal para el Proyecto Backbone es:

Tabla 4.21.- Costo Total del Proyecto Backbone.

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO (S/.)
1	COSTO TOTAL DEL TRAMITE DOCUMENTARIO (S/.)	84257.26
2	COSTO TOTAL DE MATERIALES (S/.)	299141.50
3	COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA (S/.)	123604.75
COSTO TOTAL DEL PROYECTO BACKBONE (S/.)		507003.51

Entonces el costo total de mano del Proyecto Backbone es: S/. 507 003.51soles.

CAPITULO V CRONOGRAMA DEL PROYECTO

En el cronograma del proyecto se ha dividido en dos etapas:

a) Primera Etapa: Consiste en el diseño de la posible ruta, en el estudio de campo, en la digitalización de información que consiste en el procesamiento de información que fue recogida de campo para su posterior dibujo de planos y la documentación necesaria para la obtención de licencia por parte de los respectivos entes en cuestión.

b) Segunda Etapa: Consiste en la instalación total de la red Backbone (Cableado aéreo y Cableado subterráneo) de todos los enlaces. El cuadro de cronograma de días parcial de cada obra es la siguiente:

Tabla 5.1.- Cronograma de días de cada obra.

N°	Obra	Tras.	Demo.	Ac.	Ex.	Pa.	Pi.	Te.	Rel.	Res.	D.
1	S1, C1	1	3	0	3	3	2	3	1	0	16
2	S2, S3, S4, C2, C3	1	2	0	3	2	2	2	0	0	12
3	S5	1	2	0	2	0	0	0	2	1	8
4	S6, S7, S8, C4, C5	1	2	0	3	2	2	2	0	0	12
5	S9	1	2	0	2	0	0	0	2	2	9
6	S10	1	0	2	0	0	0	0	2	0	5
7	S11	1	0	2	0	0	0	0	2	0	5
8	S12	1	2	0	2	0	0	0	2	2	9
9	S13	1	2	0	2	0	0	0	2	2	9
10	S14	1	0	2	0	0	0	0	2	0	5

Donde:

- Canalizado Subterránea X: SX.
- Cámara Subterránea X: CX.
- Traslado de Material: Tras.
- Demolición de vereda / calzada: Demo.
- Acondicionamiento: Ac.
- Excavación: Ex.
- Pared: Pa.
- Piso: Pi.
- Techo: Te.
- Relleno: Rel.
- Resane: Res.
- Días: D.

Usando estos datos de días en el programa MICROSOFT PROYECT, su periodo de ejecución del proyecto (Desde el punto de inicio a hasta el punto final) es de 183 días, de

los cuales 69 días corresponden a la Primera Etapa y 114 días a la Segunda Etapa. Se tomó como referencia la escala de tiempos en base a semanas, tomando el punto de inicio (fecha referencial) el 1 de Diciembre del presente año y dar concluido el proyecto el 13 de Agosto del año siguiente.

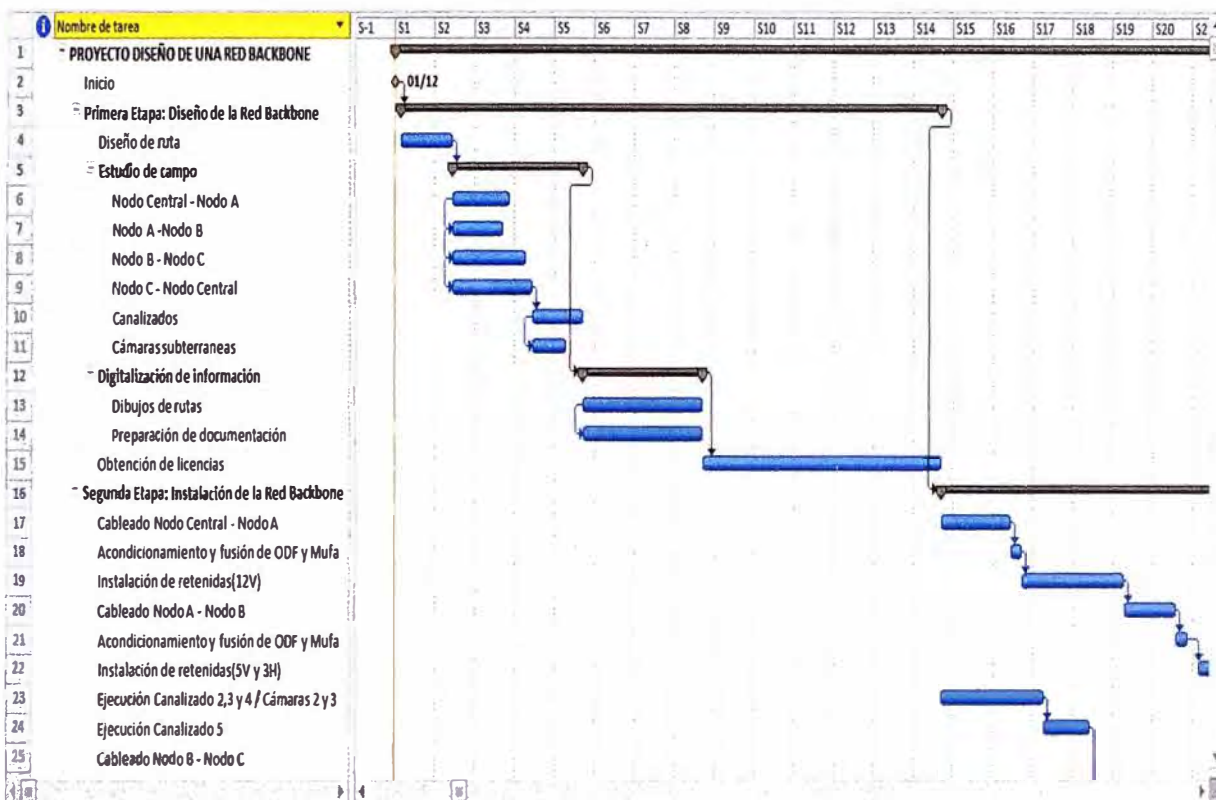


Fig 5.1- Cronograma del Proyecto en el programa Microsoft Project(Imagen I).

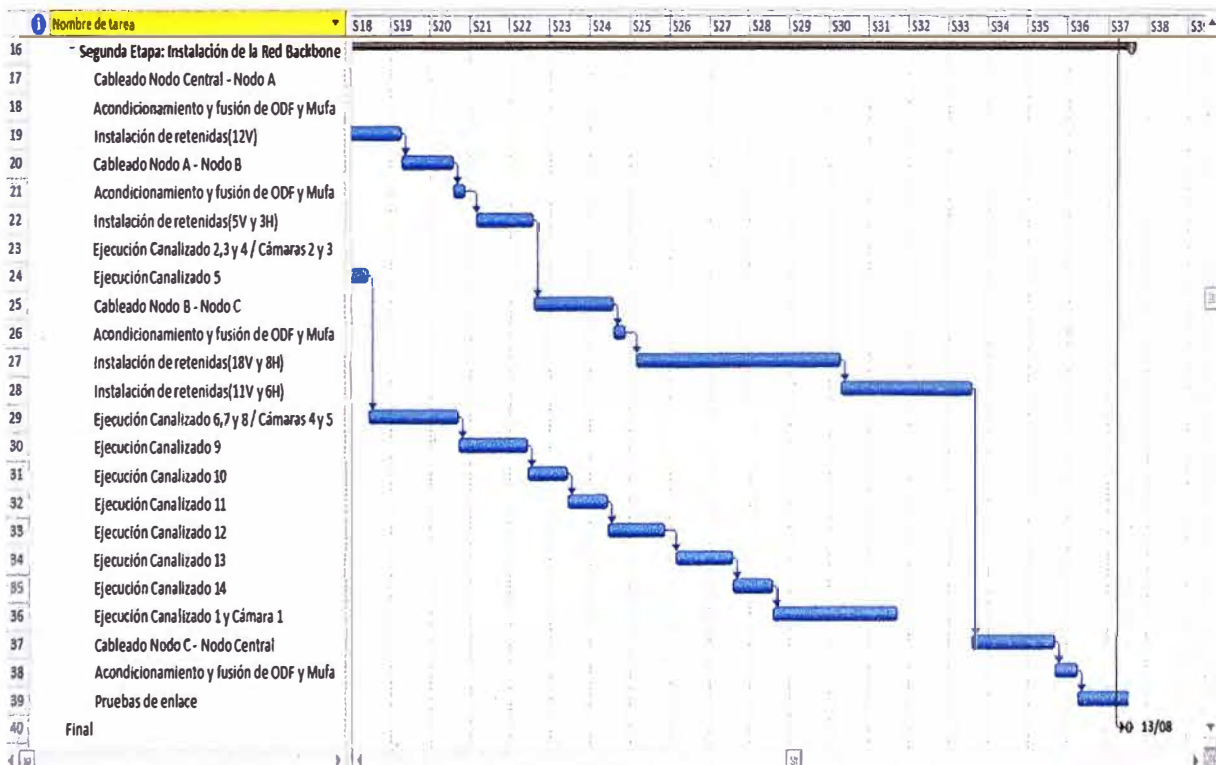


Fig 5.2.- Cronograma del Proyecto en el programa Microsoft Project(Imagen II).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Las evoluciones de las comunicaciones hace que la necesidad de transmisión de datos incremente en cuanto a capacidades y distancias considerables.
- Los factores intrínsecos, los factores extrínsecos, las características ópticas y geométricas de la fibra determinan el tipo de fibra y su manera más eficiente de uso.
- La obtención de licencia penderá del tipo de vía o lugar que es considerada como tal por los entes, La determinación de autorización es de manera independiente entre los entes, es decir por ejemplo que los municipios distritales considerados de clase "A" (San Isidro, Miraflores, Surco, etc) la negación de autorización es inminente que la autorización en los municipios distritales considerados como conos.
- El proceso de licencias para la autorización de ejecución de la obra entre las empresas Telefónica, Luz del Sur, Edelnor, GTU, GDU, EMAPE y Municipal difieren entre ellas tanto en requisitos solicitados y tiempos de respuesta de autorización.
- Las obras adicionales es para un mejoramiento de la infraestructura y un alargue del tiempo de vida de esta; estas obras adicionales están basadas de acuerdo a costo, beneficio y tiempo para el proyecto.
- La determinación de cuanto metraje de fibra óptica por enlace es importante para conocer por medio el cálculo del enlace cuanto de atenuación existirá.
- En el proceso de instalación la comunicación y seguridad son lo más importante en la ejecución de la obra, ya que puede ayudar a prevenir los posibles accidentes en el lugar de trabajo.
- En el proceso de cálculos de enlace es importante considerar todos los factores que afectan al mejor desempeño de la fibra óptica como la dispersión total (la cromática y la PMD) en los enlaces, las penalidades originadas por la dispersión total, el efecto chirp, Radio extinción no ideal del transmisor, los efectos no lineales, también la atenuación originada por los empalmes, conectores y la fibra óptica y adicionarle el margen de seguridad que es importante para solucionar las posibles atenuaciones que pueden suscitarse a lo largo del tiempo, así también en los equipos de transmisión es necesario la comprobación de los valores de potencia del transmisor y la sensibilidad del receptor, ya que estos difieren respecto el valor de potencia teórico y los valores reales con cual el

equipo va a trabajar.

- Es importante incluir el presupuesto documentario en el presupuesto total del proyecto ya que mediante este presupuesto nos da la posibilidad de obtención de licencia otorgada por los entes para la ejecución del proyecto y a veces este presupuesto no es incluido dentro de los gastos de un proyecto.

RECOMENDACIONES

- En la etapa de diseño es importante tener una posible ruta para el estudio de campo, esta posible ruta deberá ser diseñada en base a la viabilidad de postiería que se conoce en ese momento y a la factibilidad de autorización por parte de los entes en cuestión para su ejecución de la obra.

- En la etapa de estudio de campo se deberá de tomar en cuenta el estado óptimo de la postiería existente, además es necesario realizar unas obras adicionales a lo existente (canalizados, cámaras subterráneas, retenidas y otros) para definir el la ruta más óptima para el proyecto pero también tomando en consideración la factibilidad de licitación.

- En el proceso de obtención de licencias es necesario tener en cuenta el siguiente orden: Primero las empresas eléctricas (Luz del Sur y Edelnor), luego a los entes Municipales (GTU, GDU, EMAPE y los Distritales) y finalmente a Telefónica; esto es de acuerdo a rigurosidad de aprobación de rutas por estas entes.

- En el momento del cableado es recomendable considerar algunas reservas de fibra óptica para posibles soluciones de corte del enlace, estas reservas están en proporción a la longitud del enlace y el reposo de estas reservas son en lugares donde posiblemente puedan generarse cortes y también en dentro de las cámaras subterráneas por posibles cortes de los ductos existentes.

- En el proceso de instalación es importante la charla de 5 minutos y la verificación de EPPs, herramientas y materiales previas al inicio de la instalación. También es importante la verificación de la ruta proyectada para el cableado para determinar la forma de cableado y el uso de ferretería apropiada en cada poste. En este proceso se tiene que tener el cuidado necesario que en el momento del cableado no se debe de maltratar la fibra óptica (queiebres y/o cortes) que al final estos afectaran al resultado del enlace.

- En la etapa de cálculos de enlace se debe de conocer los valores de dispersión de la fibra óptica, el valor de potencia por cada canal de transmisión, el ancho espectral del transmisor, la velocidad de transmisión, en número de canales del enlace, etc.

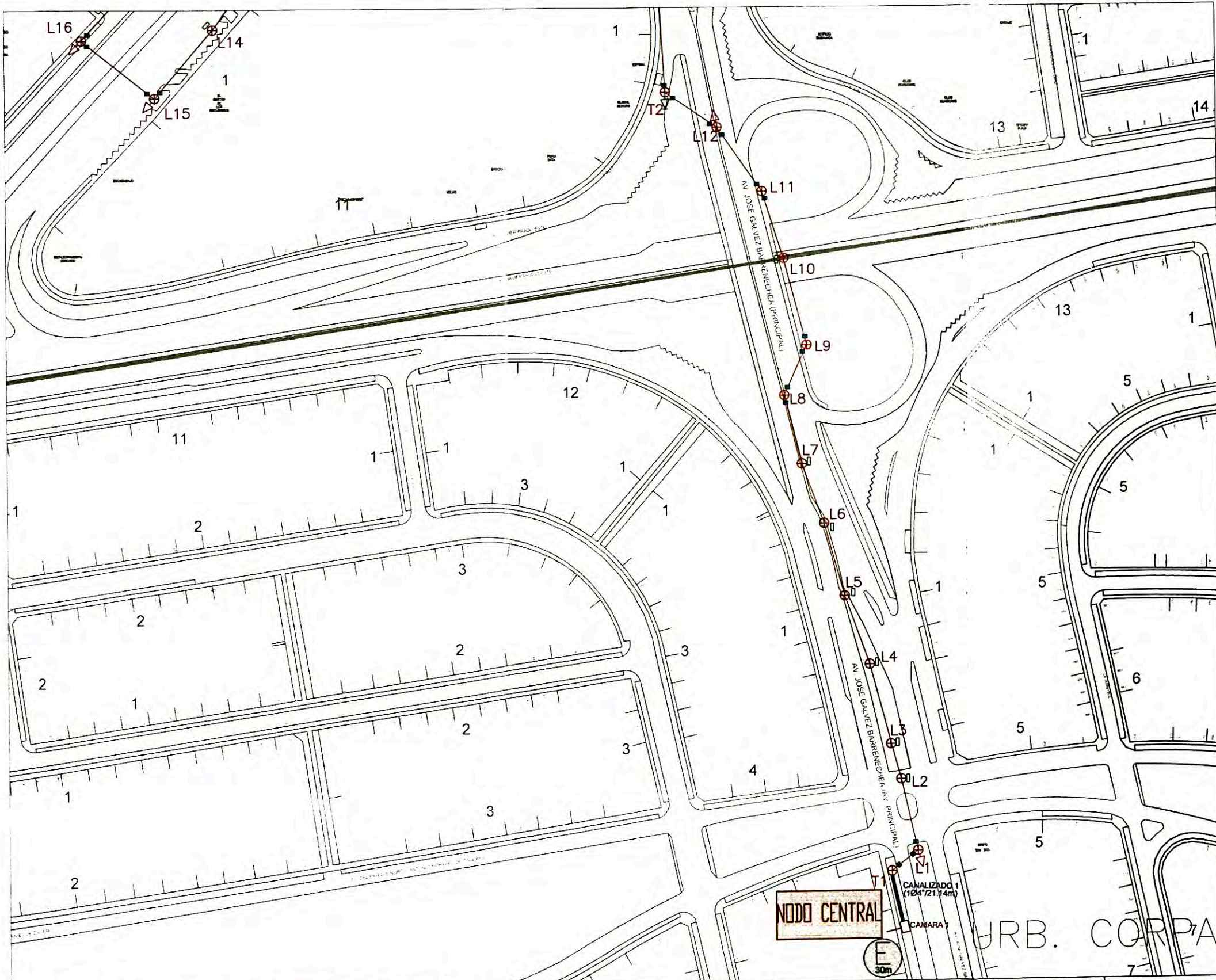
- El presupuesto documentario se debe considerar y conocer cuan es el costo pr concepto que incluye este presupuesto.

ANEXO A
GLOSARIO DE TERMINOS

SIGLA	DEFINICIÓN
- EPP	: Equipo de protección personal.
- CWDM	: Coarse Wavelength Division Multiplexing.
- DB	: Decibelios.
- DFB	: Distributed Feedback Laser.
- DWDM	: Dense Wavelength Division Multiplexing.
- EDELNOR	: Empresa de Distribución Eléctrica de Lima Norte S.A.A.
- EMAPE	: Empresa Municipal Administradora de Peaje de Lima.
- EML	: Externally Modulated Laser.
- FWM	: Four Wave Mixing.
- Gbps	: Gigabits por segundo.
- GDU	: Gerencia de Desarrollo Urbano.
- Ghz	: Gigahertz.
- GTU	: Gerencia de Transporte Urbano.
- HLXC	: High / Low-order Cross Connect.
- I/O	: Input/Output.
- Km	: Kilometros.
- LASER	: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.
- LDS	: Luz del Sur.
- MECP	: Main Equipment Control Panel.
- Mhz	: Megahertz.
- MLM	: Modo Multilongitudinal.
- MXC	: Main Cross-Connect Control.
- NDSF	: Non-zero dispersion-shifted fiber.
- NRZ	: Non Return to Zero.
- ODF	: Optical Distribution Frame.
- PMD	: Polarization Mode Dispersion.
- PVC	: Polyvinyl Chloride.
- SBS	: Dispersión Estimulada de Brillouin.
- SMP	: Self Phase Modulation.
- SRS	: Dispersión Estimulada de Raman.
- STM	: Synchronous Transfer Mode.
- STM-64	: Synchronous Transport Module 64(9953.28 Mbps).
- TE	: Transversal eléctrico.
- TM	: Transversal magnético.
- TUPA	: Texto Único de Procedimientos Administrativos.

- UHF : Ultra High Frequency.
- VHF : Very High Frequency.
- WDM : Wavelength Division Multiplexing.
- xINF : XDM Input Filter Units.
- XIO : Matrix I/O.
- xMCP : XDM Main Control Processor.
- XPM : Cross Phase Modulation.

ANEXO B
RUTA NODO CENTRAL - NODO A



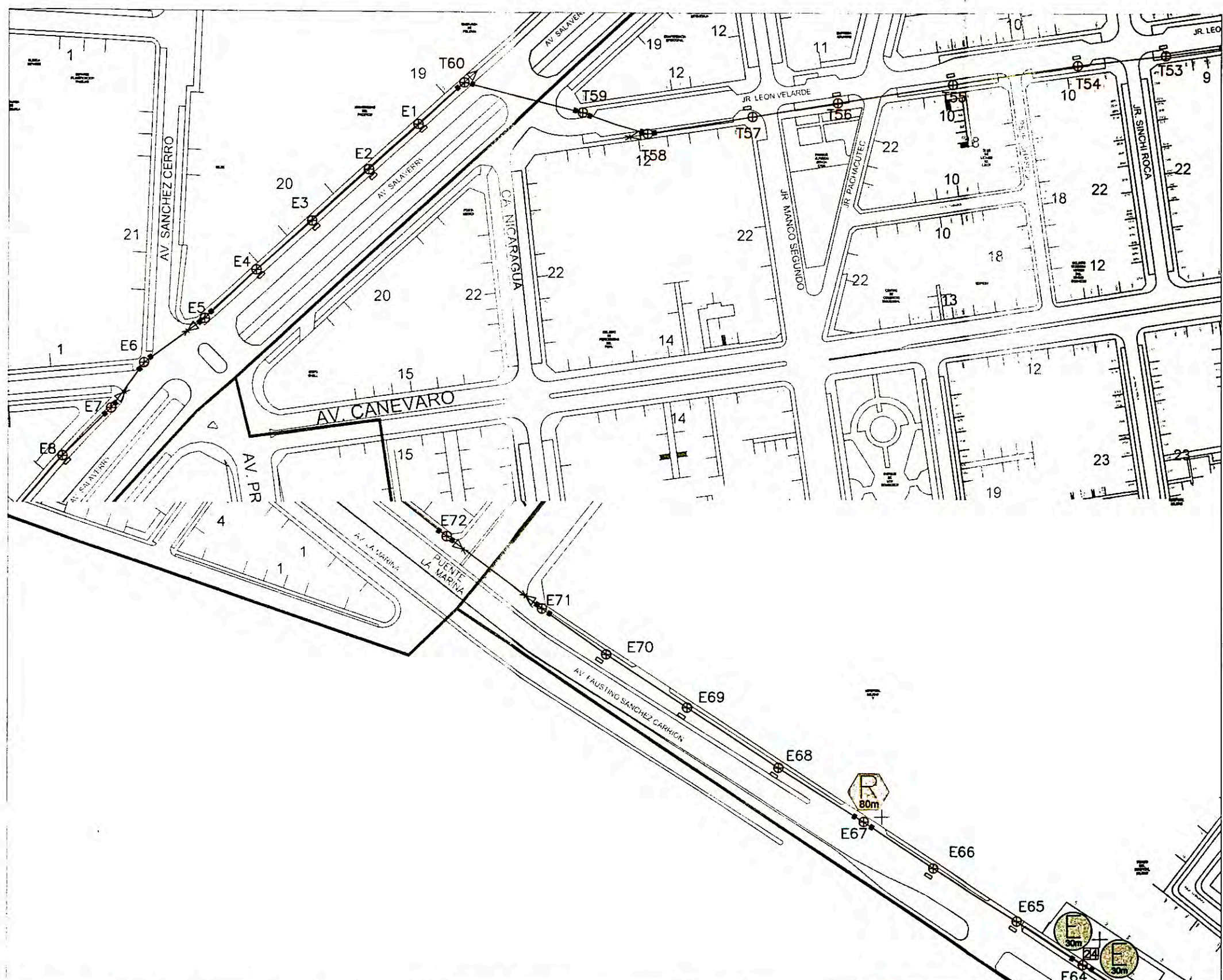
LEGENDA: :Reserva "X" metros :Empalme "X" metros	:Retenida Horizontal Proyectoada :Retenida Horizontal Existente :Retenida Vertical Proyectoada :Retenida Vertical Existente	:Brazo separador :Mufa 24FO :Cruceta	:Cable mensajero :Chapa suspensión :Clep y preformado :Cable 24FO G.655	:Poste :Cámara NODO "X" NODO "X"	T:Poste Telefonica L:Poste Luz del Sur E:Poste Edelnor	:Canalizado Subterráneo
---	--	--	--	--	--	-------------------------

	UNI TELECOMUNICACIONES	PROYECTO RED BACKBONE	NODO CENTRAL - NODO A	ESCALA: 1:500	PLANO 1
	ANEXO : B		AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.	FECHA: JUNIO 2013	



LEGENDA: :Reserva "X" metros :Empalme "X" metros	:Retenida Horizontal Proyectada :Retenida Horizontal Existente :Retenida Vertical Proyectada :Retenida Vertical Existente	:Brazo separador :Mufa 24FO :Cruceta	:Cable mensajero :Chapa suspensión :Clep y preformado :Cable 24FO G.655	:Poste :Cámara NODO "X" :Nodo "X"	T:Poste Telefonica L:Poste Luz del Sur E:Poste Edelnor	:Canalizado Subterráneo
---	--	--	--	---	--	-------------------------

UNI	UNI TELECOMUNICACIONES	PROYECTO RED BACKBONE	NODO CENTRAL - NODO A		ESCALA: 1:500	PLANO 2
	ANEXO : B		AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.		FECHA: JUNIO 2013	



LEGENDA: :Reserva "X" metros :Empalme "X" metros	:Retenida Horizontal Proyectada :Retenida Horizontal Existente :Retenida Vertical Proyectada :Retenida Vertical Existente	:Brazo separador :Mufa 24FO :Cruceta	:Cable mensajero :Chapa suspensión :Clep y preformado :Cable 24FO G.655	:Poste :Cámara :Nodo "X"	T:Poste Telefonica L:Poste Luz del Sur E:Poste Edelnor	:Canalizado Subterráneo
---	--	--	--	--------------------------------	--	-------------------------

<h1>UNI</h1>	UNI TELECOMUNICACIONES	<h2>PROYECTO RED BACKBONE</h2>	NODO CENTRAL - NODO A	ESCALA: 1:500	PLANO 3
	ANEXO : B		AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.	FECHA: JUNIO 2013	



NODO A

LEGENDA: :Reserva "X" metros :Empalme "X" metros :Retenida Horizontal Proyectada :Retenida Horizontal Existente :Retenida Vertical Proyectada :Retenida Vertical Existente	:Brazo separador :Mufa 24FO :Cruceta	:Cable mensajero :Chapa suspensión :Clep y preformado :Cable 24FO G.655	:Poste :Cámara NODO "X" :Nodo "X"	T:Poste Telefonica L:Poste Luz del Sur E:Poste Edelnor	:Canalizado Subterráneo
---	--	--	--	--	-------------------------

UNI

UNI TELECOMUNICACIONES
ANEXO : B

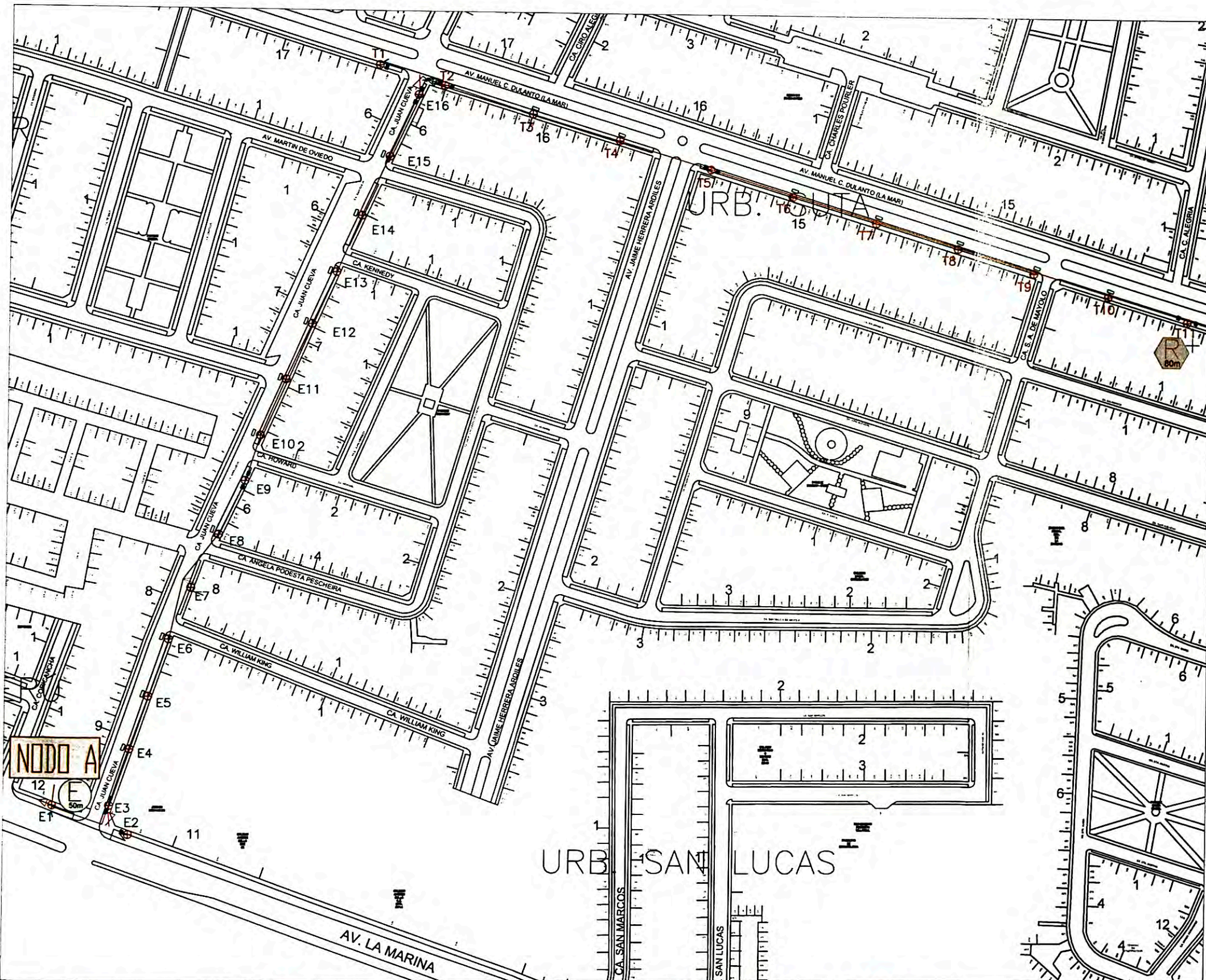
PROYECTO RED BACKBONE

NODO CENTRAL - NODO A
AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.

ESCALA: 1:500
FECHA: JUNIO 2013

PLANO
4

ANEXO C
RUTA NODO A - NODO B



LEGENDA: :Reserva "X" metros :Empalme "X" metros	:Retenida Horizontal Proyectoada :Retenida Horizontal Existente :Retenida Vertical Proyectoada :Retenida Vertical Existente	:Brazo separador :Mufa 24FO :Cruceta	:Cable mensajero :Chapa suspensión :Clep y preformado :Cable 24FO G.655	:Poste :Cámara NODO "X" :Nodo "X"	T:Poste Telefonica L:Poste Luz del Sur E:Poste Edelnor	:Canalizado Subterráneo

	UNI TELECOMUNICACIONES	PROYECTO RED BACKBONE	NODO A - NODO B	ESCALA: 1:500	PLANO 1
	ANEXO : C		AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.	FECHA: JUNIO 2013	



LEGENDA:	:Reserva "X" metros	:Retenida Horizontal Proyectada	:Brazo separador	:Cable mensajero	:Poste	:Canalizado Subterráneo
	:Empalme "X" metros	:Retenida Horizontal Existente	:Mufa 24FO	:Chapa suspensión	:Cámara	:Poste Telefonica
	:Retenida Vertical Proyectada	:Cruceta	:Clep y preformado	:Cable 24FO G.655	:Nodo "X"	:Poste Luz del Sur
	:Retenida Vertical Existente					:Poste Edelnor

	UNI TELECOMUNICACIONES	PROYECTO RED BACKBONE	NODO A - NODO B		ESCALA: 1:500	PLANO 2
	ANEXO : C			AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.		



LEGENDA: :Reserva "X" metros :Empalme "X" metros :Retenida Horizontal Proyectada :Retenida Horizontal Existente :Retenida Vertical Proyectada :Retenida Vertical Existente	:Brazo separador :Mufa 24FO :Cruceta	:Cable mensajero :Chapa suspensión :Clep y preformado :Cable 24FO G.655	:Poste :Cámara NODO "X":Nodo "X"	T:Poste Telefonica L:Poste Luz del Sur E:Poste Edelnor :Canalizado Subterráneo
---	--	--	--	---

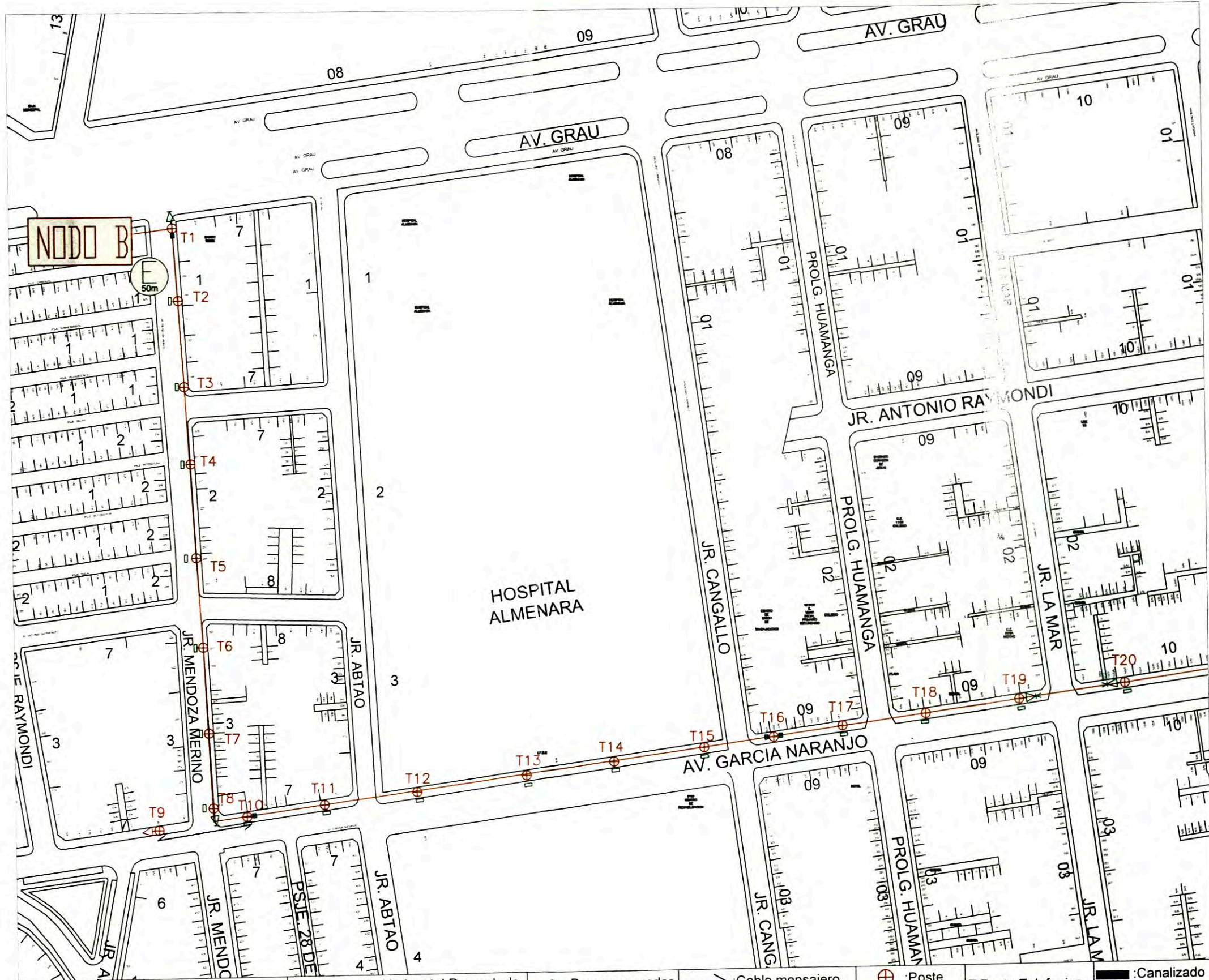
UNI	UNI TELECOMUNICACIONES	PROYECTO RED BACKBONE	NODO A - NODO B		ESCALA: 1:500	PLANO 3
	ANEXO : C		AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.		FECHA: JUNIO 2013	



LEGENDA:	:Reserva "X" metros	:Retenida Horizontal Proyectada	:Brazo separador	:Cable mensajero	:Poste	:Canalizado Subterráneo
	:Empalme "X" metros	:Retenida Horizontal Existente	:Mufa 24FO	:Chapa suspensión	:Cámara	
	:Retenida Vertical Proyectada	:Cruceta		:Clep y preformado	:Nodo "X"	L:Poste Luz del Sur
	:Retenida Vertical Existente			:Cable 24FO G.655		E:Poste Edelnor

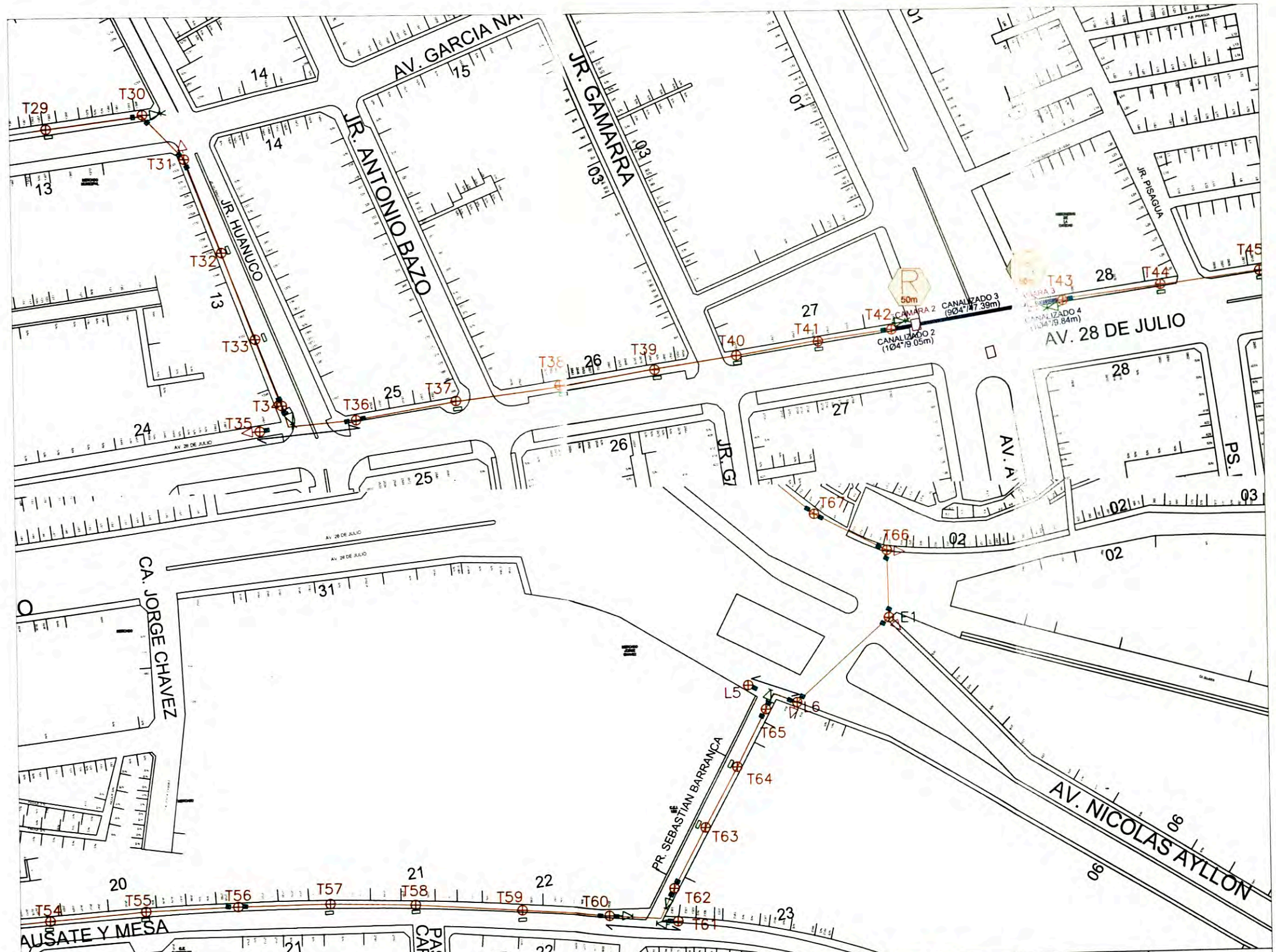
UNI	UNI TELECOMUNICACIONES	PROYECTO RED BACKBONE	NODO A - NODO B		ESCALA: 1:500	PLANO 4
	ANEXO : C			AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.	FECHA: JUNIO 2013	

ANEXO D
RUTA NODO B - NODO C



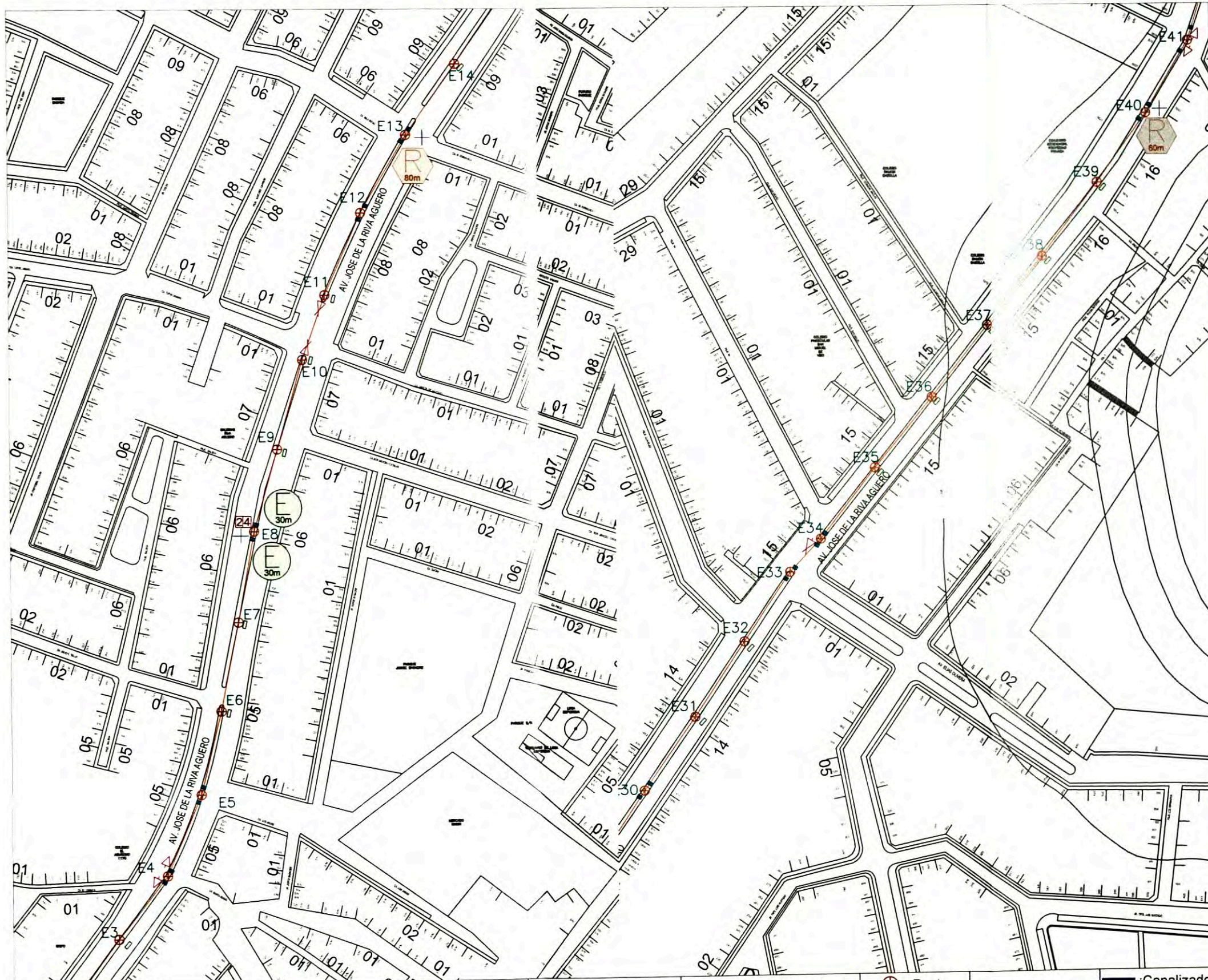
LEGENDA: :Reserva "X" metros :Empalme "X" metros :Retenida Horizontal Proyectada :Retenida Horizontal Existente :Retenida Vertical Proyectada :Retenida Vertical Existente :Brazo separador :Mufa 24FO :Cruceta :Cable mensajero :Chapa suspensión :Clep y preformado :Cable 24FO G.655 :Poste :Cámara :Nodo "X" T:Poste Telefonica L:Poste Luz del Sur E:Poste Edelnor :Canalizado Subterráneo

	UNI TELECOMUNICACIONES ANEXO : D	PROYECTO RED BACKBONE	NODO B - NODO C	ESCALA: 1:500	PLANO 1
			AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.	FECHA: JUNIO 2013	



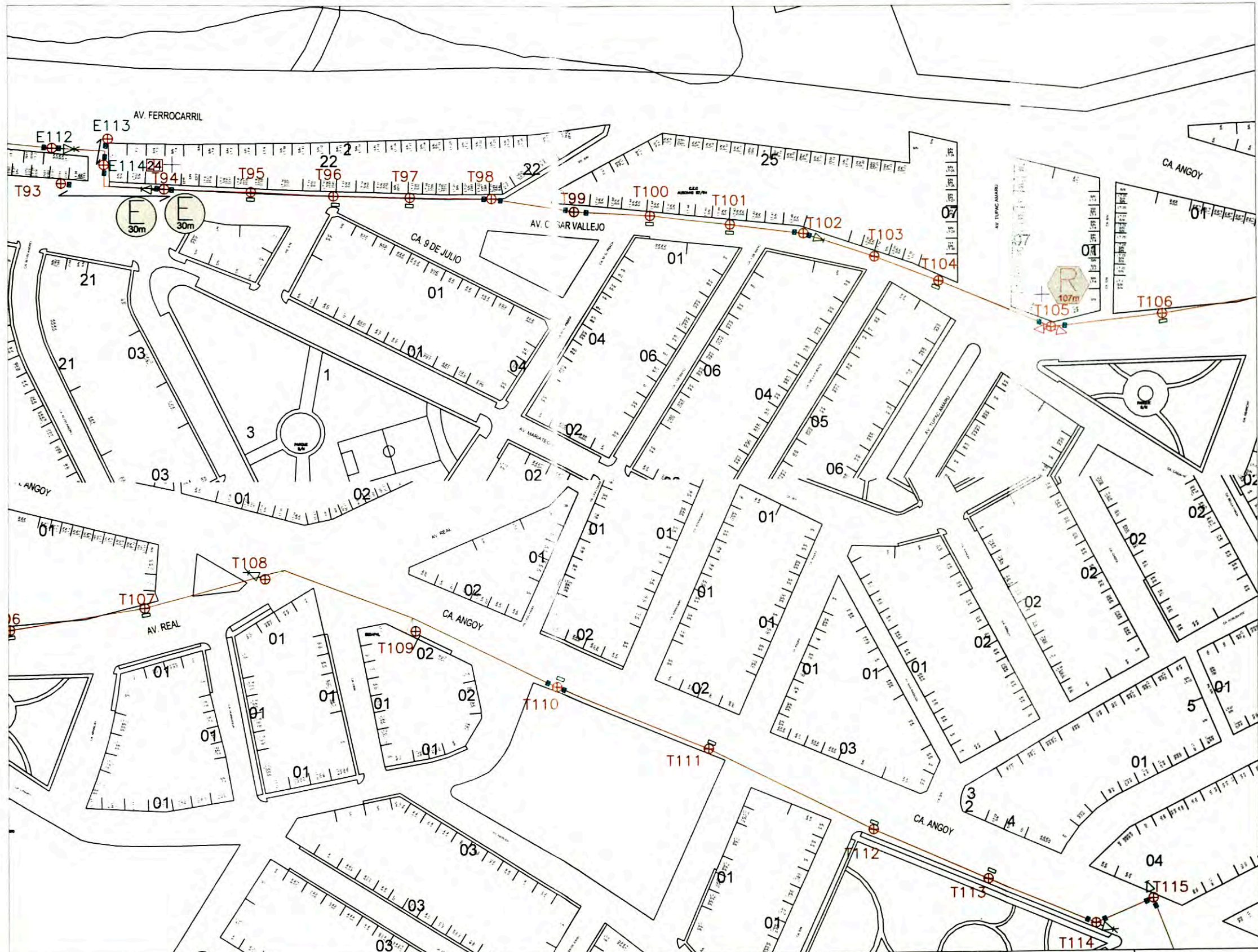
UNI UNI TELECOMUNICACIONES ANEXO : D	PROYECTO RED BACKBONE	NODO B - NODO C		ESCALA: 1:500	PLANO 2
		AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.		FECHA: JUNIO 2013	

LEGENDA: [E] : Reserva "X" metros [E] : Empalme "X" metros	[X] : Retenida Horizontal Proyectada [X] : Retenida Horizontal Existente [Y] : Retenida Vertical Proyectada [Y] : Retenida Vertical Existente	[Z] : Brazo separador [24] : Mufa 24FO [C] : Cruceta	[Cable] : Cable mensajero [Chapa] : Chapa suspensión [Clep] : Clep y preformado [Cable 24FO] : Cable 24FO G.655	[Poste] : Poste [Cámara] : Cámara [NODO "X"] : Nodo "X"	[T] : Poste Telefonica [L] : Poste Luz del Sur [E] : Poste Edelnor	[Canalizado] : Canalizado Subterráneo
--	--	--	--	---	--	---------------------------------------



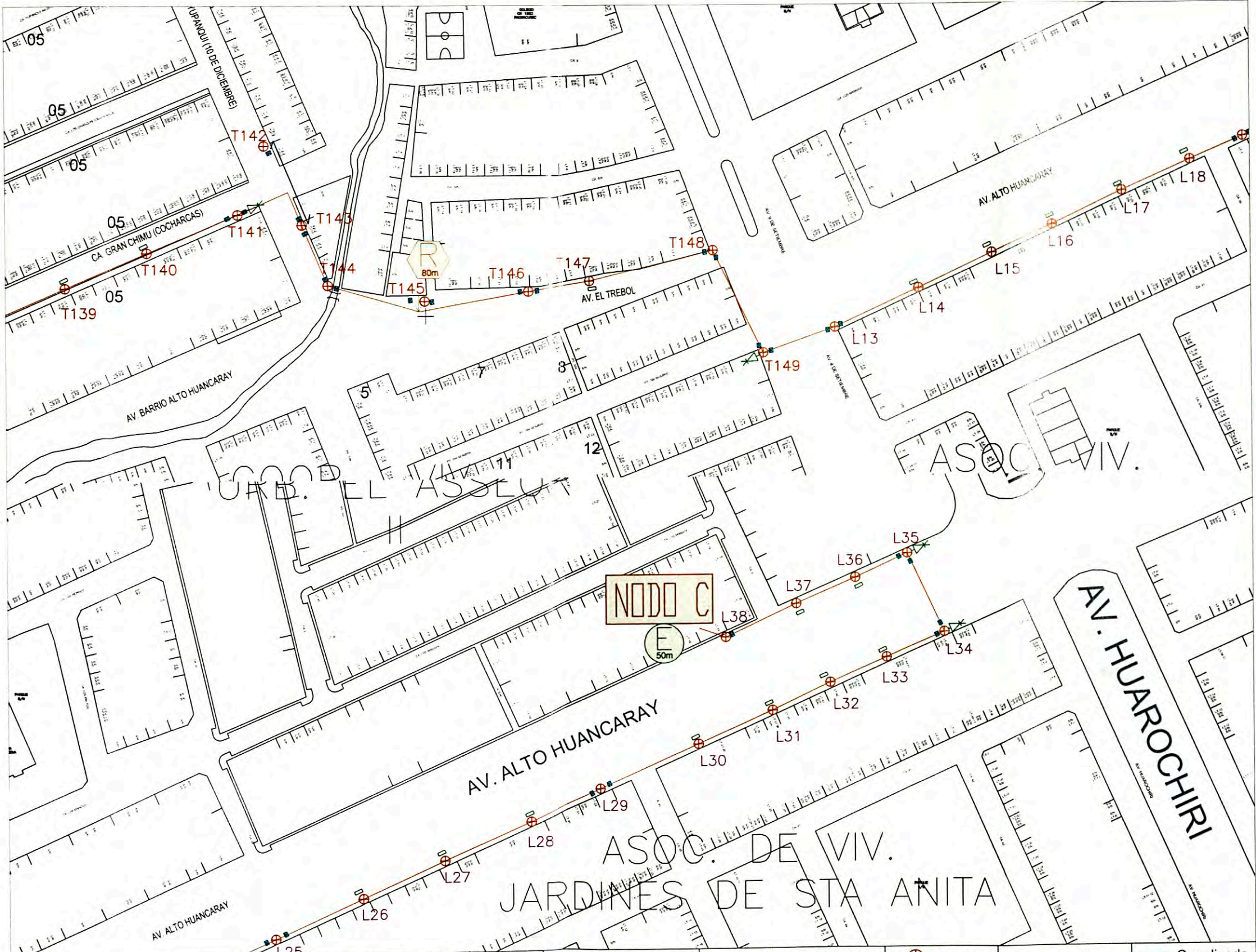
LEGENDA: :Reserva "X" metros :Empalme "X" metros	:Retenida Horizontal Proyectada :Retenida Horizontal Existente :Retenida Vertical Proyectada :Retenida Vertical Existente	:Brazo separador :Mufa 24FO :Cruceta	:Cable mensajero :Chapa suspensión :Clep y preformado :Cable 24FO G.655	:Poste :Cámara NODO "X" :Nodo "X"	T:Poste Telefonica L:Poste Luz del Sur E:Poste Edelnor	:Canalizado Subterráneo

	UNI TELECOMUNICACIONES ANEXO : D	PROYECTO RED BACKBONE	NODO B - NODO C	ESCALA: 1:500	PLANO 3
	AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.		FECHA: JUNIO 2013		



LEGENDA: : Reserva "X" metros : Empalme "X" metros	: Retenida Horizontal Proyectoada : Retenida Horizontal Existente : Retenida Vertical Proyectoada : Retenida Vertical Existente	: Brazo separador : Mufa 24FO : Cruceta	: Cable mensajero : Chapa suspension : Clep y preformado : Cable 24FO G.655	: Poste : Cámara NODO "X": NODO "X"	T: Poste Telefonica L: Poste Luz del Sur E: Poste Edelnor	: Canalizado Subterráneo

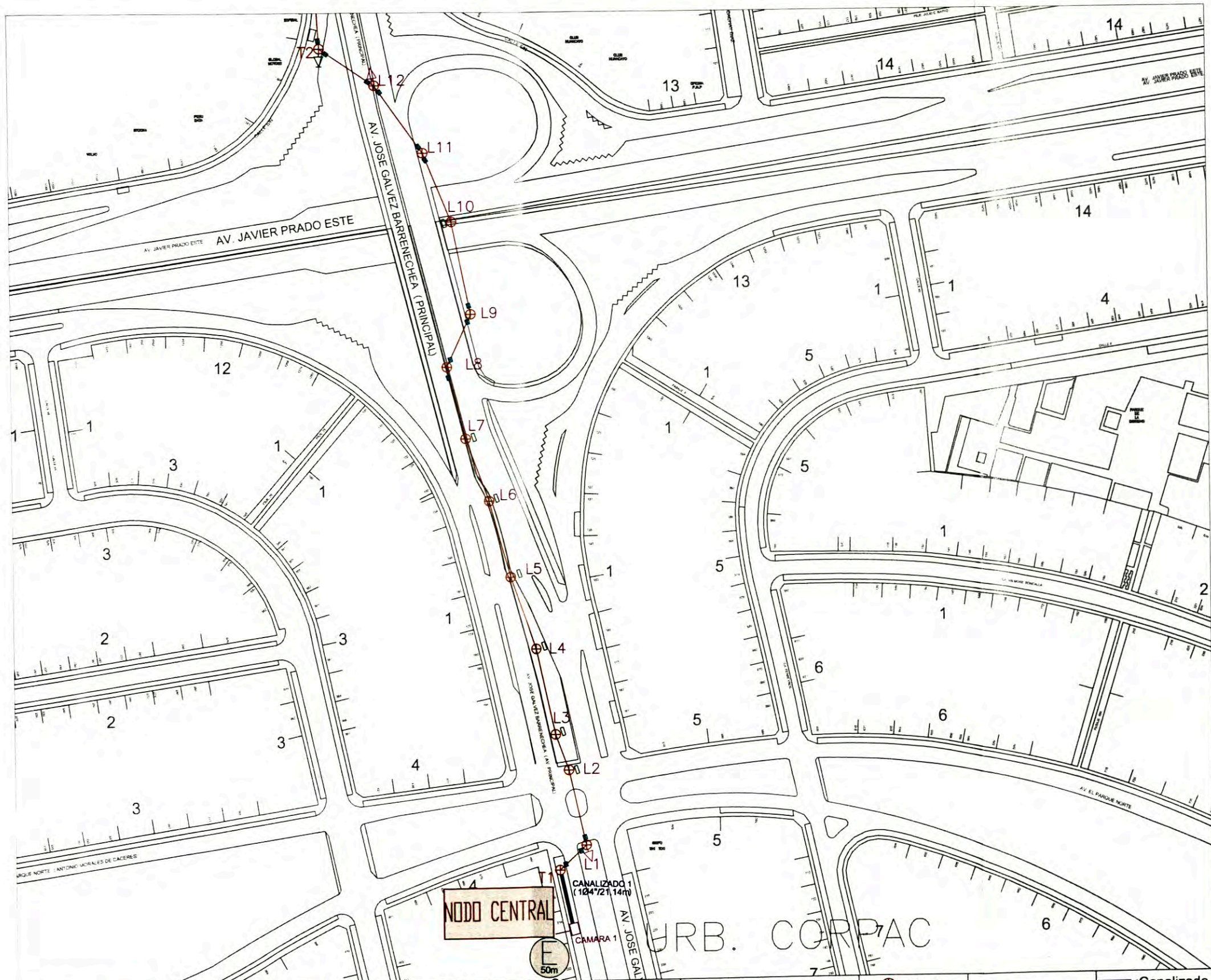
	UNI TELECOMUNICACIONES	PROYECTO RED BACKBONE	NODO B - NODO C	ESCALA: 1:500	PLANO 5
	ANEXO : D		AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.	FECHA: JUNIO 2013	



LEGENDA: :Reserva "X" metros Empalme "X" metros :Retenida Horizontal Proyectada :Retenida Horizontal Existente :Retenida Vertical Proyectada :Retenida Vertical Existente	:Brazo separador 24 :Mufa 24FO :Cruceta	:Cable mensajero :Chapa suspensión :Clep y preformado :Cable 24FO G.655	:Poste :Cámara NODO "X": Nudo "X"	T: Poste Telefonica L: Poste Luz del Sur E: Poste Edelnor	:Canalizado Subterráneo

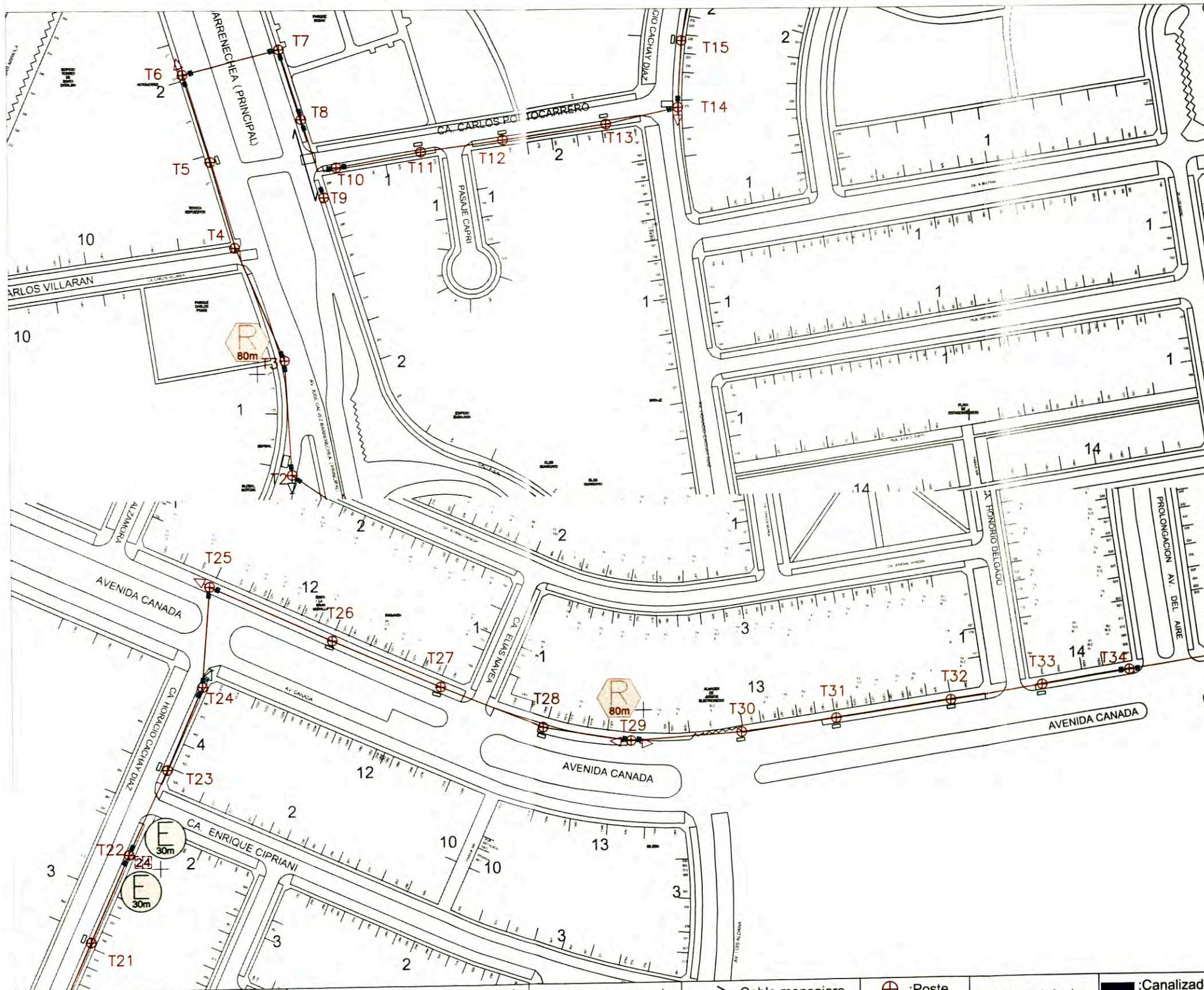
	UNI TELECOMUNICACIONES ANEXO : D	PROYECTO RED BACKBONE	NODO B - NODO C AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.	ESCALA: 1:500 FECHA: JUNIO 2013	PLANO 6
--	-------------------------------------	-----------------------	--	------------------------------------	---------

ANEXO E
RUTA NODO C - NODO CENTRAL



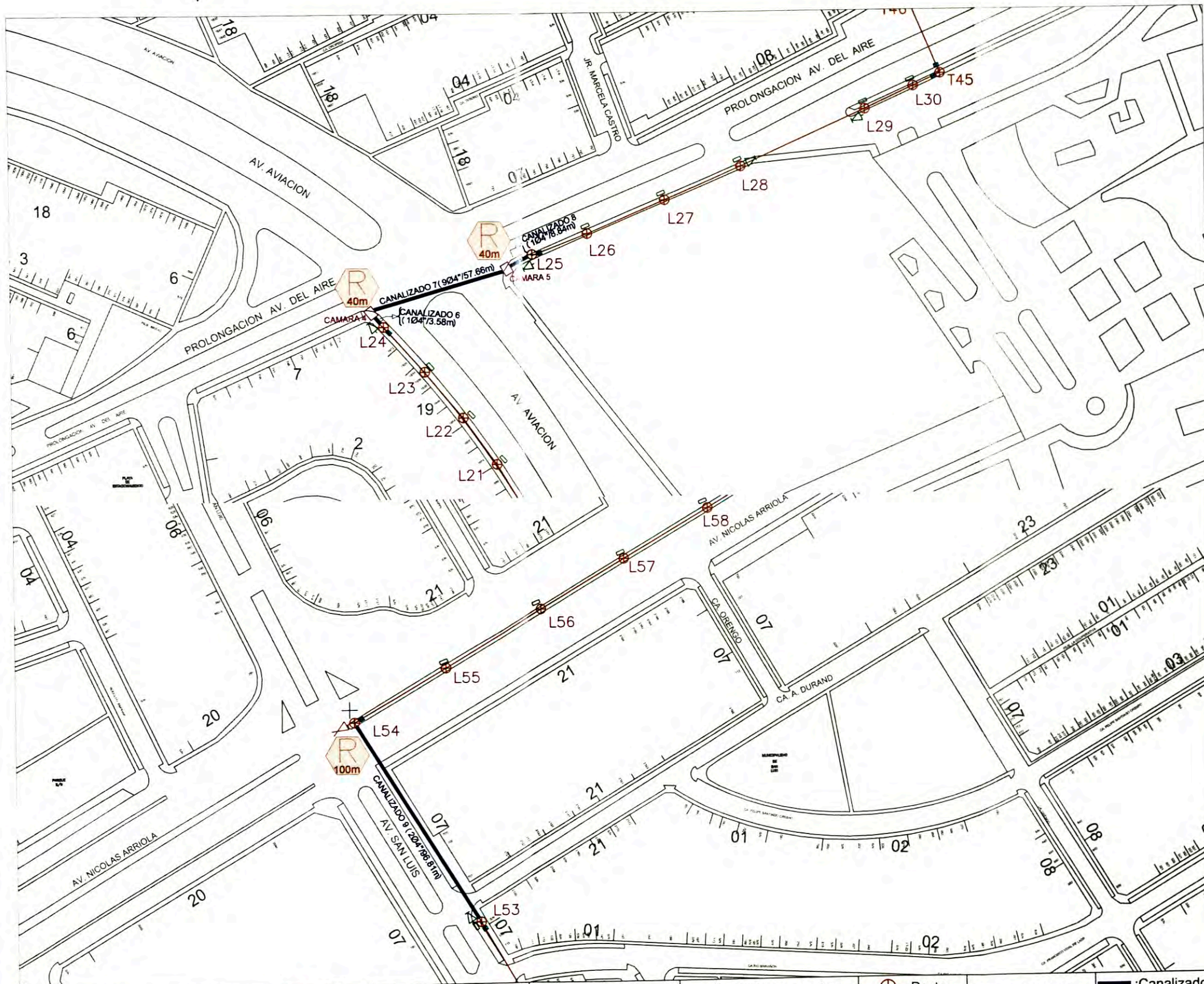
LEGENDA:	:Reserva "X" metros	:Retenida Horizontal Proyectada	:Retenida Vertical Proyectada	:Brazo separador	:Cable mensajero	:Poste	T:Poste Telefonica	:Canalizado Subterráneo
	:Empalme "X" metros	:Retenida Horizontal Existente	:Retenida Vertical Existente	:Mufa 24FO	:Chapa suspensión	:Cámara	L:Poste Luz del Sur	
		:Retenida Horizontal Existente	:Retenida Vertical Existente	:Cruceta	:Clep y preformado	NODO "X":Nodo "X"	E:Poste Edelnor	

UNI	UNI TELECOMUNICACIONES	PROYECTO RED BACKBONE	NODO C - NODO CENTRAL	ESCALA: 1:500	PLANO 1
	ANEXO : E		AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.	FECHA: JUNIO 2013	



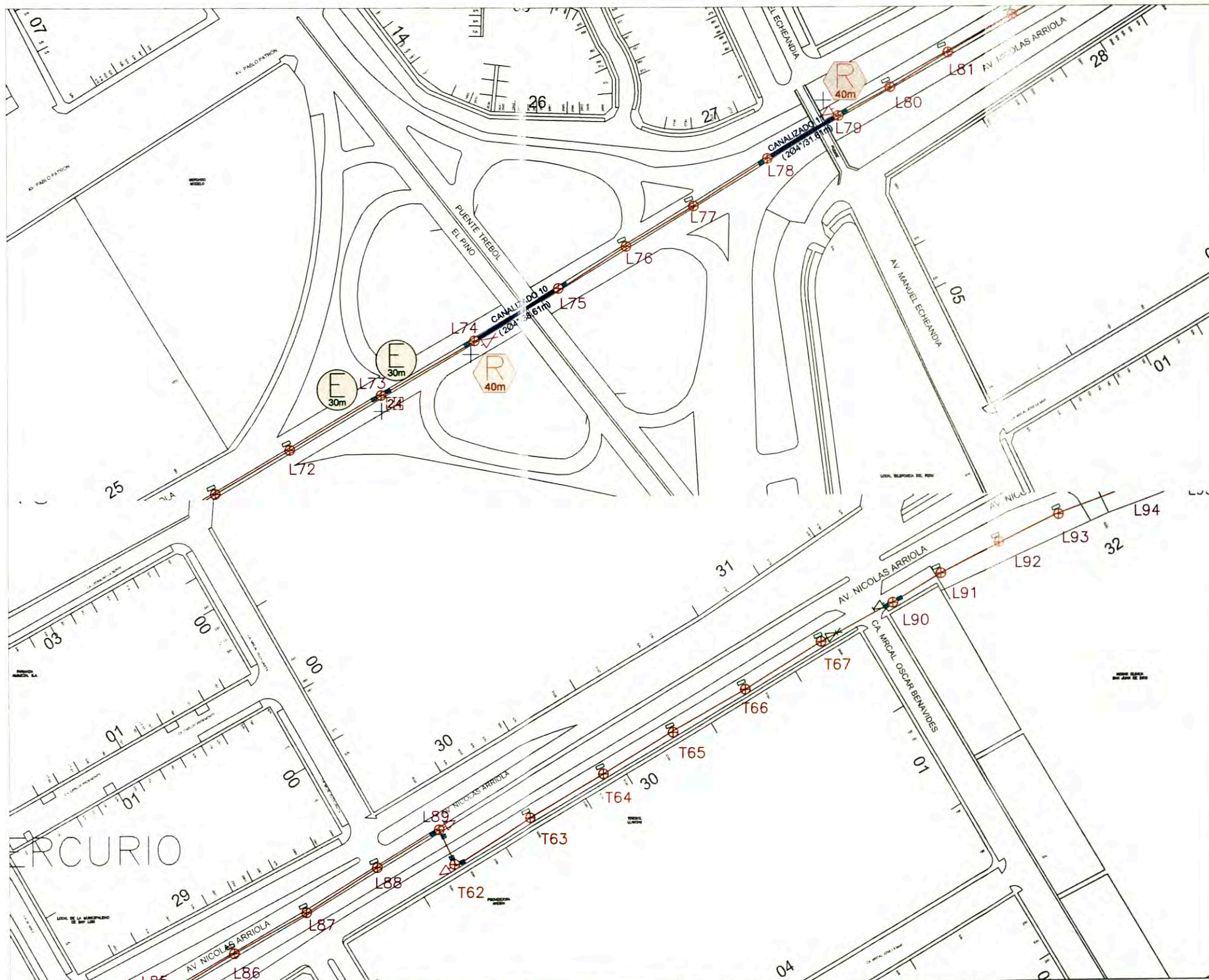
LEGENDA: :Reserva "X" metros :Empalme "X" metros	:Retenida Horizontal Proyectada :Retenida Horizontal Existente :Retenida Vertical Proyectada :Retenida Vertical Existente	:Brazo separador :Mufa 24FO :Cruceta	:Cable mensajero :Chapa suspensión :Clep y preformado :Cable 24FO G.655	:Poste :Cámara NODO "X" :Nodo "X"	T:Poste Telefonica L:Poste Luz del Sur E:Poste Edelnor	:Canalizado Subterráneo

	UNI TELECOMUNICACIONES	PROYECTO RED BACKBONE	NODO C - NODO CENTRAL	ESCALA: 1:500	PLANO 2
	ANEXO : E		AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.	FECHA: JUNIO 2013	



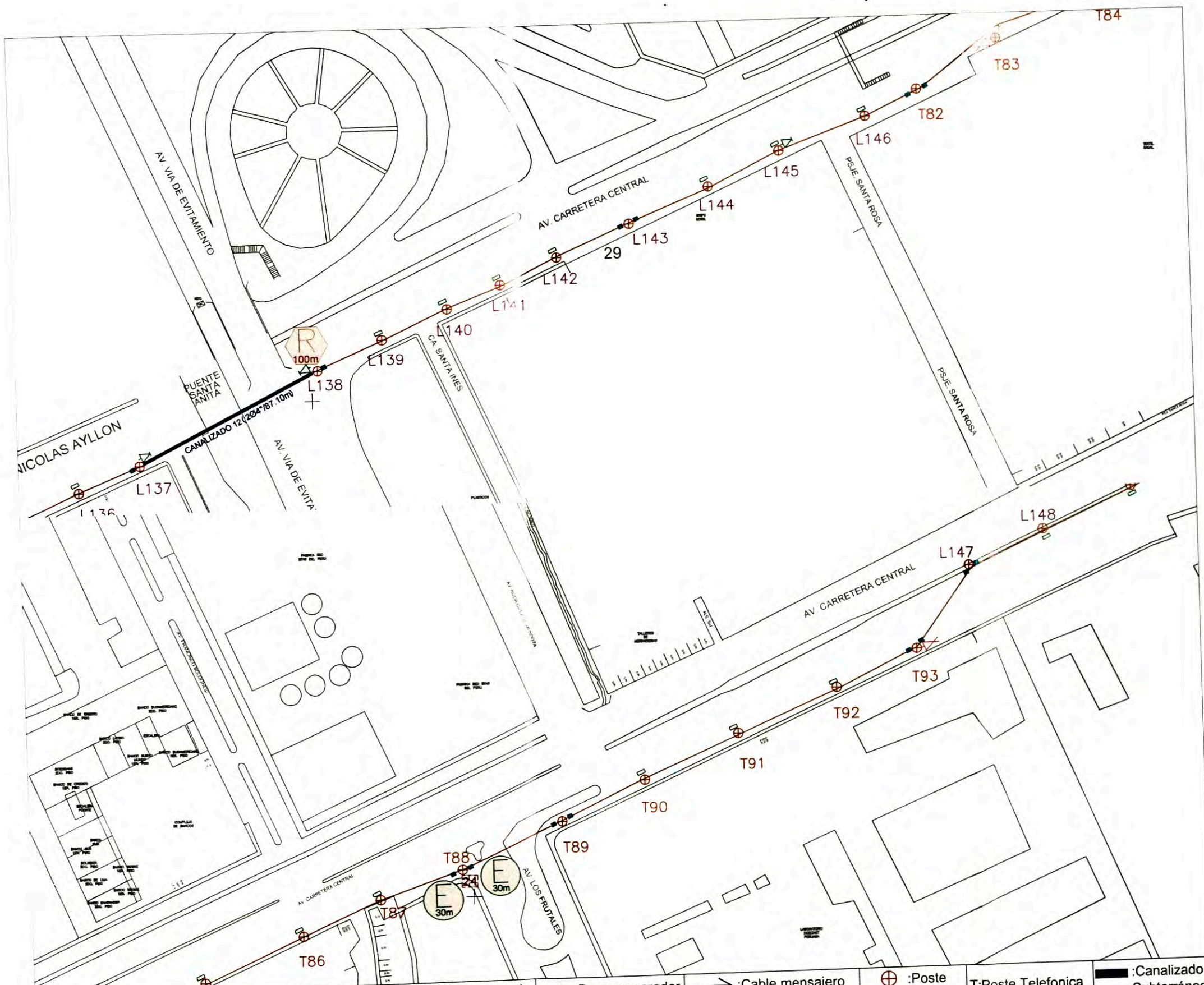
LEGENDA:	:Reserva "X" metros	:Retenida Horizontal Projectada	:Brazo separador	:Cable mensajero	:Poste	T:Poste Telefonica L:Poste Luz del Sur E:Poste Edelnor	:Canalizado Subterráneo
	:Empalme "X" metros	:Retenida Horizontal Existente	:Mufa 24FO	:Chapa suspensión	:Cámara		
	:Retenida Vertical Projectada	:Cruceta	:Clep y preformado	:Cable 24FO G.655	:Nodo "X"		
	:Retenida Vertical Existente						

UNI	UNI TELECOMUNICACIONES	PROYECTO RED BACKBONE	NODO C - NODO CENTRAL		ESCALA: 1:500	PLANO 3
	ANEXO : E		AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.	FECHA: JUNIO 2013		



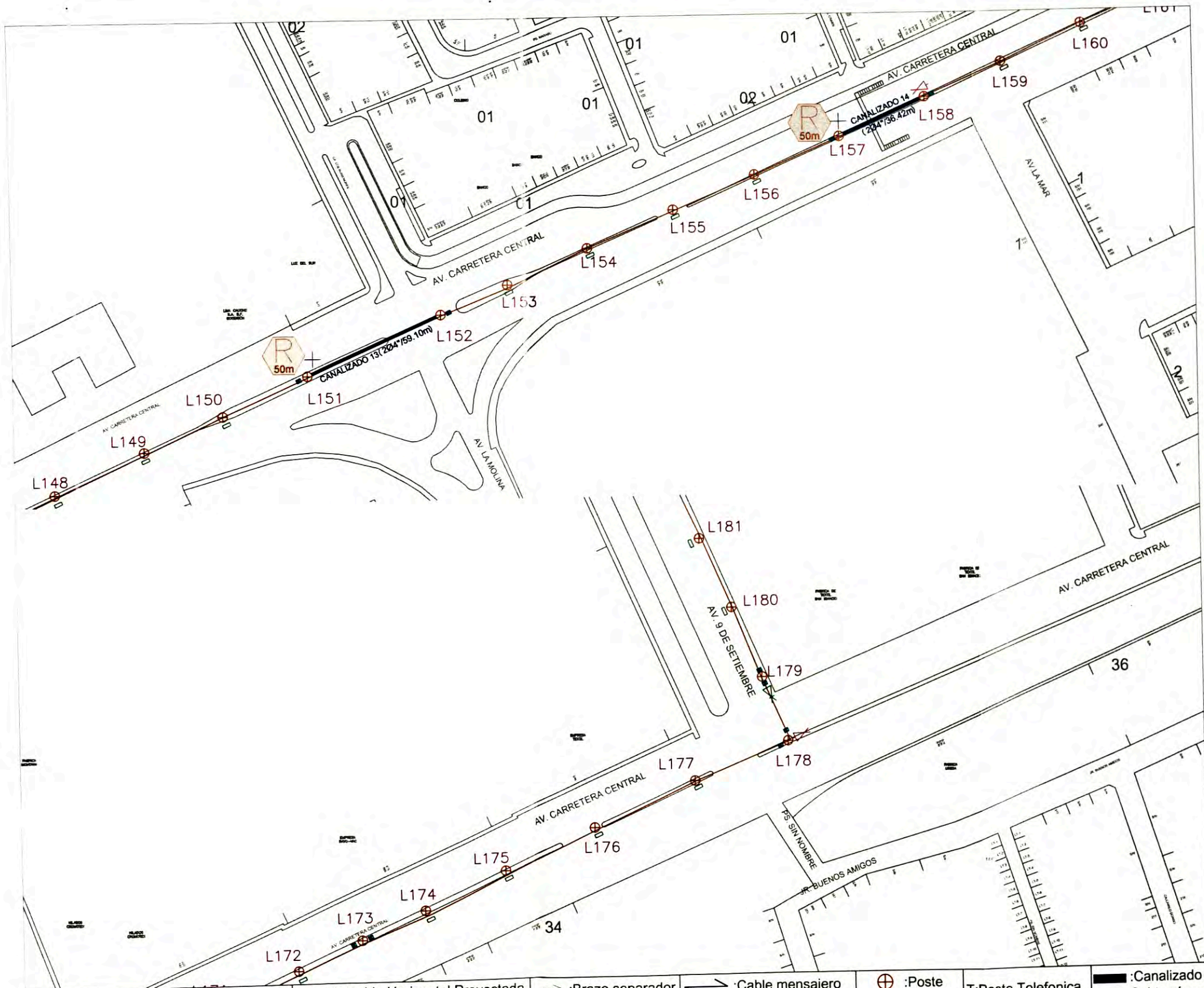
UNI	UNI TELECOMUNICACIONES	PROYECTO RED BACKBONE	NODO C - NODO CENTRAL		ESCALA: 1:500	PLANO 4
	ANEXO : E		AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.		FECHA: JUNIO 2013	

LEGENDA: :Reserva "X" metros :Empalme "X" metros		:Retenida Horizontal Proyectada :Retenida Horizontal Existente :Retenida Vertical Proyectada :Retenida Vertical Existente		:Brazo separador :Mufa 24FO :Cruceta		:Cable mensajero :Chapa suspensión :Clep y preformado :Cable 24FO G.655		:Poste :Cámara :Nodo "X"		T:Poste Telefonica L:Poste Luz del Sur E:Poste Edelnor		:Canalizado Subterráneo	
---	--	--	--	--	--	--	--	--------------------------------	--	--	--	-------------------------	--



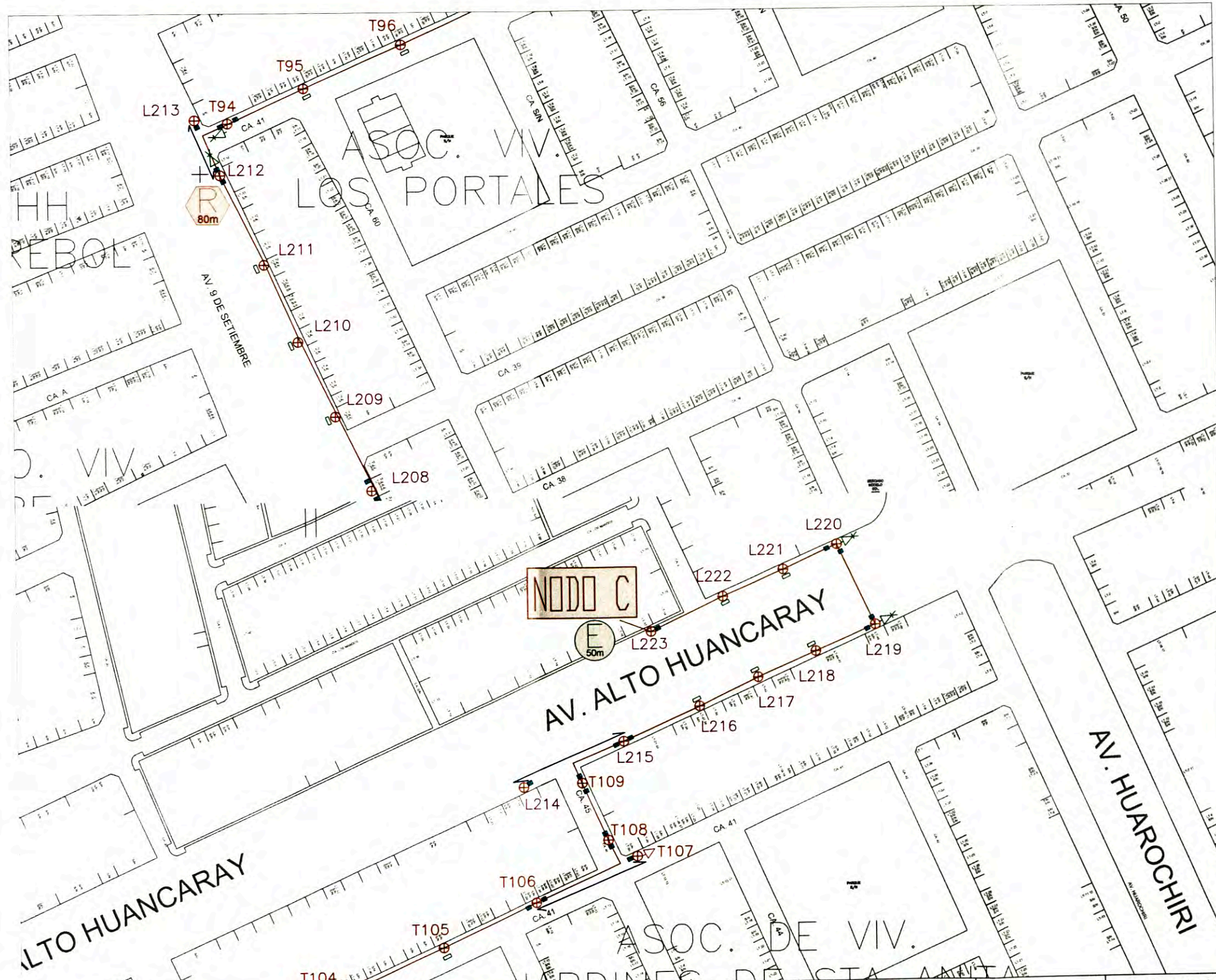
LEGENDA: :Reserva "X" metros :Empalme "X" metros :Retenida Horizontal Proyectoada :Retenida Horizontal Existente :Retenida Vertical Proyectoada :Retenida Vertical Existente :Brazo separador :Mufa 24FO :Cruceta :Cable mensajero :Chapa suspension :Clep y preformado :Cable 24FO G.655 :Poste :Camara :Nodo "X" T:Poste Telefonica L:Poste Luz del Sur E:Poste Edelnor :Canalizado Subterraneo

UNI	UNI TELECOMUNICACIONES	PROYECTO RED BACKBONE	NODO C - NODO CENTRAL		ESCALA: 1:500	PLANO 5
	ANEXO : E		AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.	FECHA: JUNIO 2013		



UNI UNI TELECOMUNICACIONES ANEXO : E	PROYECTO RED BACKBONE		NODO C - NODO CENTRAL		ESCALA: 1:500	PLANO 6
			AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.		FECHA: JUNIO 2013	

LEGENDA: :Reserva "X" metros :Empalme "X" metros	:Retenida Horizontal Proyectada :Retenida Horizontal Existente :Retenida Vertical Proyectada :Retenida Vertical Existente	:Brazo separador :Mufa 24FO :Cruceta	:Cable mensajero :Chapa suspensión :Clep y preformado :Cable 24FO G.655	:Poste :Cámara NODO "X": Nodo "X"	T:Poste Telefonica L:Poste Luz del Sur E:Poste Edelnor	:Canalizado Subterráneo
--	--	--	--	---	--	-------------------------



UNI UNI TELECOMUNICACIONES ANEXO : E	PROYECTO RED BACKBONE	NODO C - NODO CENTRAL		ESCALA: 1:500	PLANO 7
		AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.		FECHA: JUNIO 2013	

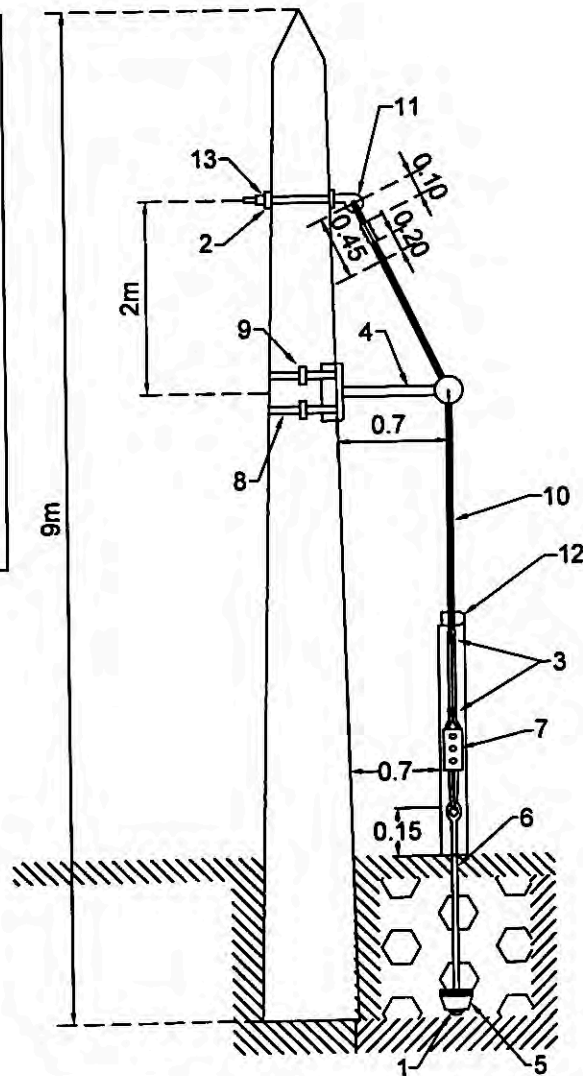
LEGENDA: [Reserva "X" metros] [Empalme "X" metros]	[Retenida Horizontal Proyectada] [Retenida Horizontal Existente] [Retenida Vertical Proyectada] [Retenida Vertical Existente]	[Brazo separador] [Mufa 24FO] [Cruceta]	[Cable mensajero] [Chapa suspensión] [Clep y preformado] [Cable 24FO G.655]	[Poste] [Cámara]	[Poste Telefonica] [Poste Luz del Sur] [Poste Edelnor]	[Canalizado Subterráneo]
--	--	---	--	---------------------	--	--------------------------

ANEXO F
RETENIDA HORIZONTAL - RETENIDA VERTICAL

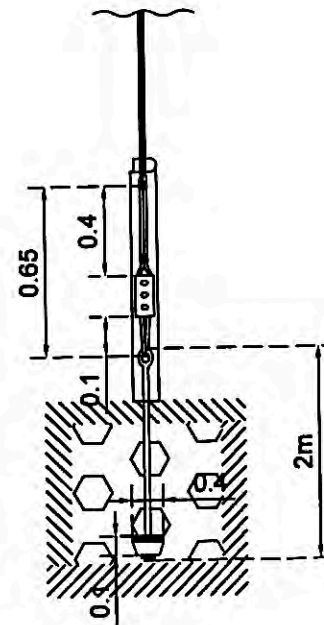
LEYENDA

- 1 Arandela Plana
- 2 Arandela Curva
- 3 Alambre para Devanar
- 4 Brazo para Ancla Vertical
- 5 Bloque de Concreto
- 6 Varilla para Ancla
- 7 Chapa de Sujeción
- 8 Cinta Acerada
- 9 Hebilla para Cinta Acerada
- 10 Cable Mensajero
- 11 Pasador Final Torcido
- 12 Protector de Riostra
- 13 Tuerca Cuadrada

Nota:
Medidas en metros.



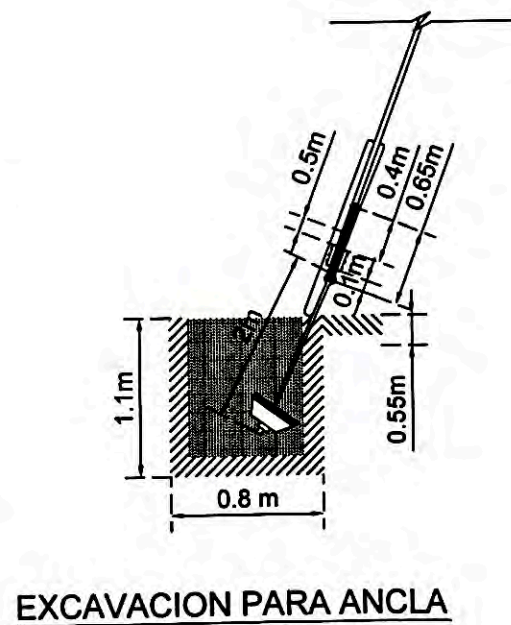
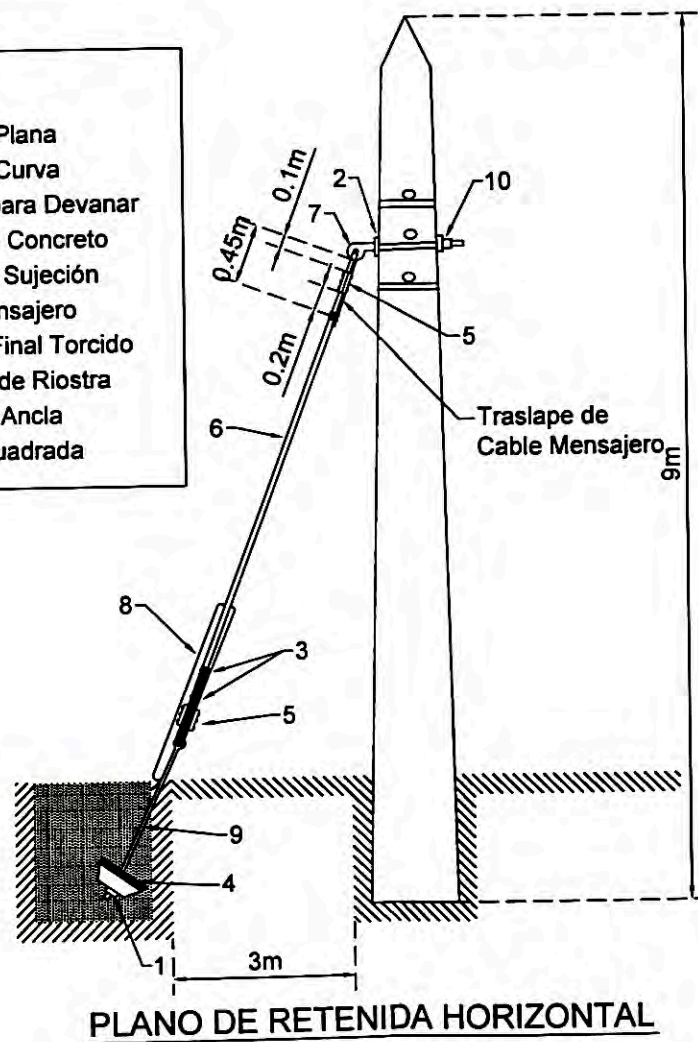
PLANO DE RETENIDA VERTICAL



EXCAVACION PARA ANCLA

UNI	TELECOMUNICACIONES	PROYECTO RED BACKBONE	PLANO DE RETENIDA VERTICAL	AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.	ESCALA: 1:10	PLANO 1
				ANEXO : F	FECHA: JUNIO 2013	

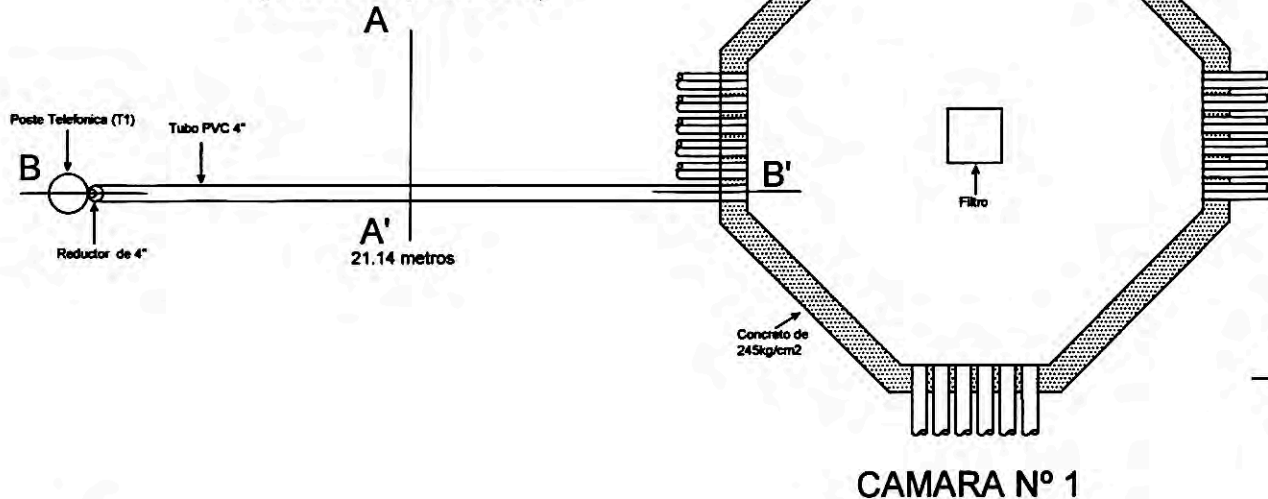
- LEYENDA**
- 1 Arandela Plana
 - 2 Arandela Curva
 - 3 Alambre para Devanar
 - 4 Bloque de Concreto
 - 5 Chapa de Sujeción
 - 6 Cable Mensajero
 - 7 Pasador Final Torcido
 - 8 Protector de Riostra
 - 9 Varilla de Ancla
 - 10 Tuerca Cuadrada



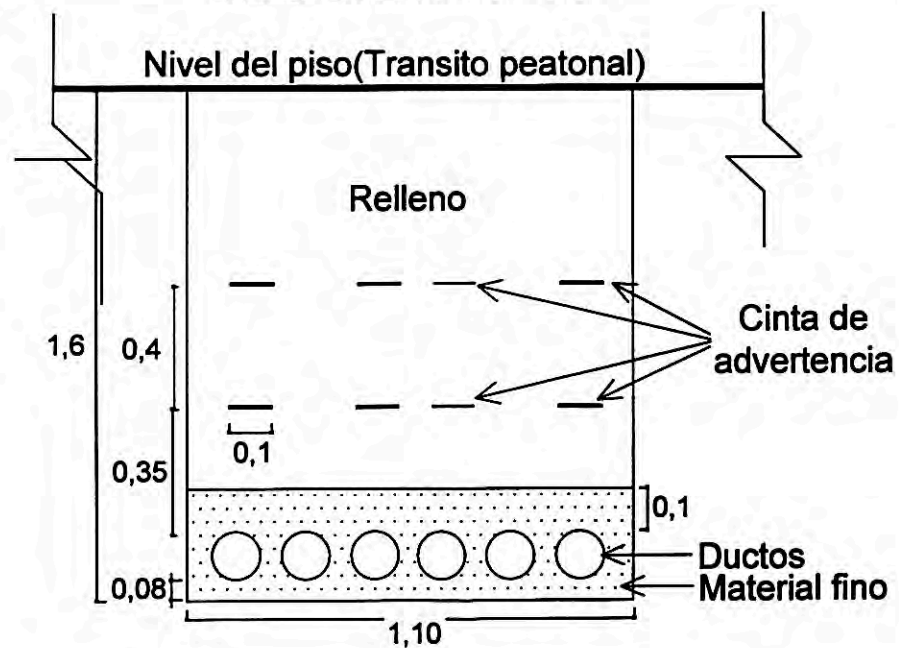
ANEXO G
PLANOS DE CANALIZADOS

CANALIZADO N° 1

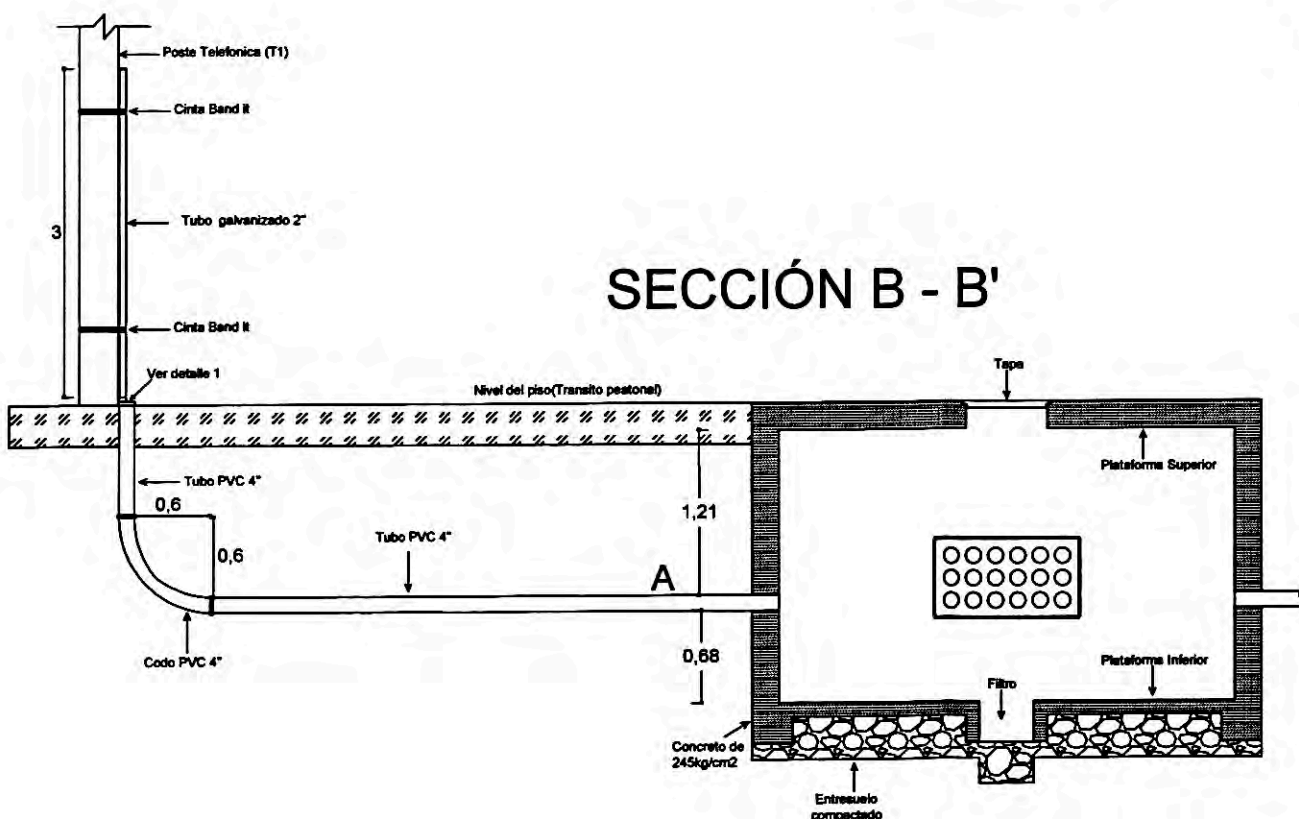
CANALIZADO N° 1
(Transito peatonal)



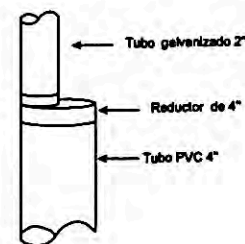
SECCIÓN A - A'



SECCIÓN B - B'

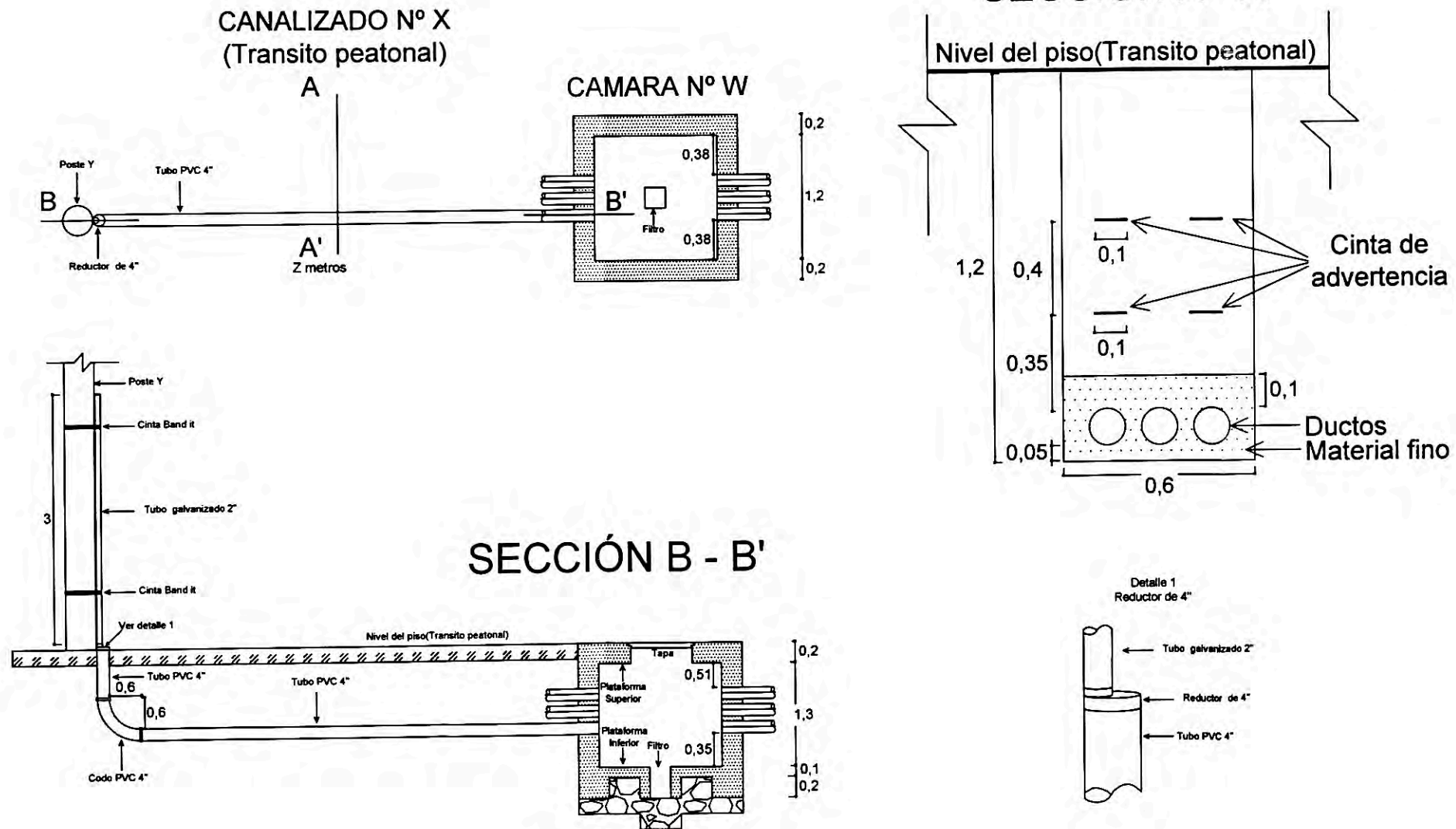


Detalle 1
Reductor de 4"



UNI	TELECOMUNICACIONES	PROYECTO RED BACKBONE	CANALIZADO N° 1	AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.	ESCALA: 1:10	PLANO 1
				ANEXO : G	FECHA: JUNIO 2013	

CANALIZADO N° 2, 4, 6 y 8



N°	Obra Civil: Canalizado N° X	Desde : Camara W	Hasta : Poste Y	Distancia : Z metros
1	Canalizado N° 2	Camara N° 2	Poste T42	9.05 metros
2	Canalizado N° 4	Camara N° 3	Poste T43	9.84 metros
3	Canalizado N° 6	Camara N° 4	Poste L24	3.58 metros
4	Canalizado N° 8	Camara N° 5	Poste L25	8.84 metros

CANALIZADO N° 3 y 7

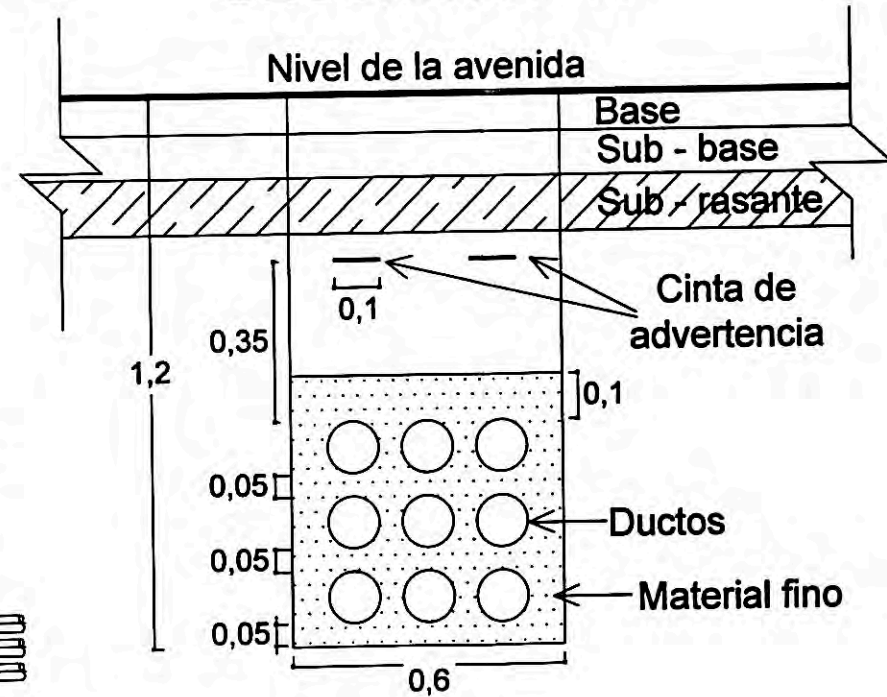
CANALIZADO N° 3



CANALIZADO N° 7

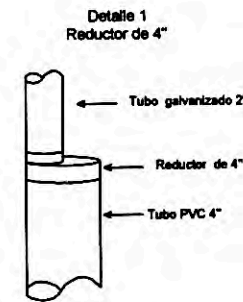
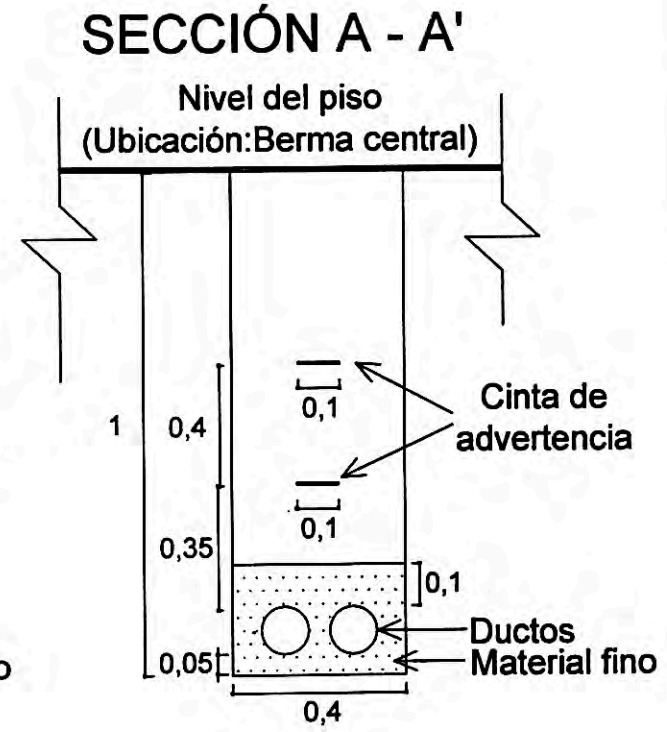
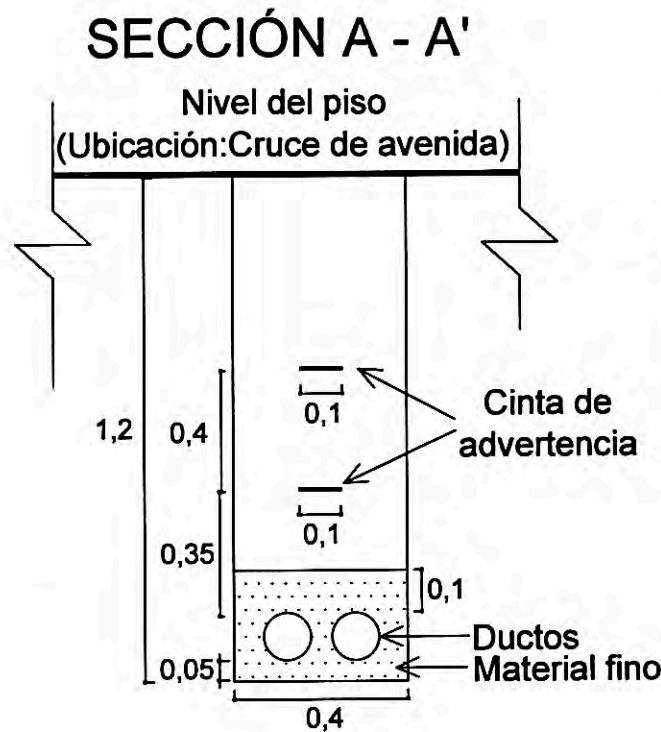
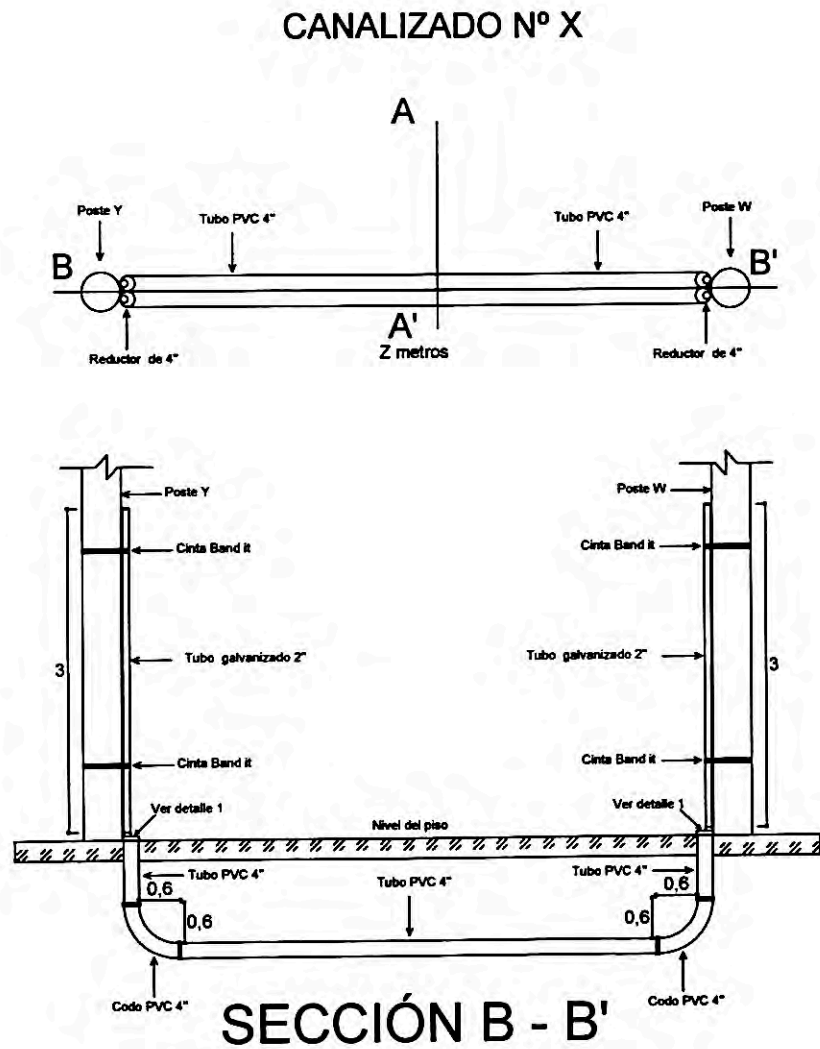


SECCIÓN A - A'



UNI	TELECOMUNICACIONES	PROYECTO RED BACKBONE	CANALIZADO N° 3 y 7	AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.	ESCALA: 1:10	PLANO 3
				ANEXO : G	FECHA: JUNIO 2013	

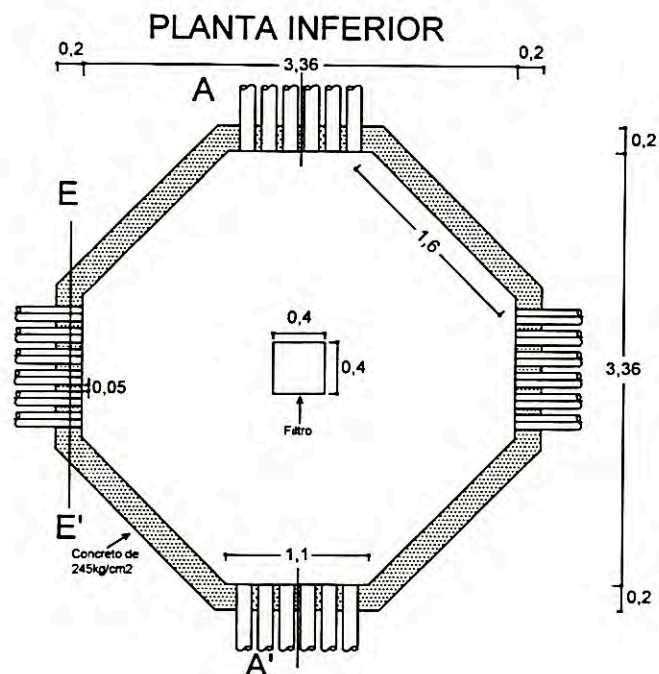
CANALIZADO N° 5, 9, 10, 11, 12, 13 y 14



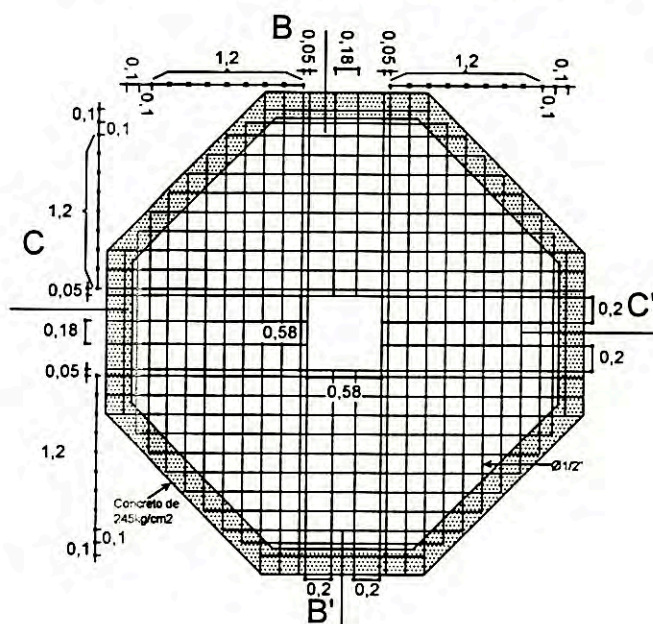
N°	Obra Civil: Canalizado N° X	Ubicación	Desde : Poste W	Hasta : Poste Y	Distancia : Z metros
1	Canalizado N° 5	Cruce de avenida	Poste E93	Poste E94	60.85 metros
2	Canalizado N° 9	Cruce de avenida	Poste L53	Poste 54	96.18 metros
3	Canalizado N° 10	Berma central	Poste L74	Poste L75	38.16 metros
4	Canalizado N° 11	Berma central	Poste L78	Poste L79	31.61 metros
5	Canalizado N° 12	Cruce de avenida	Poste L137	Poste L138	87.10 metros
6	Canalizado N° 13	Cruce de avenida	Poste L151	Poste L152	59.10 metros
7	Canalizado N° 14	Berma central	Poste L157	Poste L158	36.42 metros

ANEXO H
PLANOS DE CAMARAS

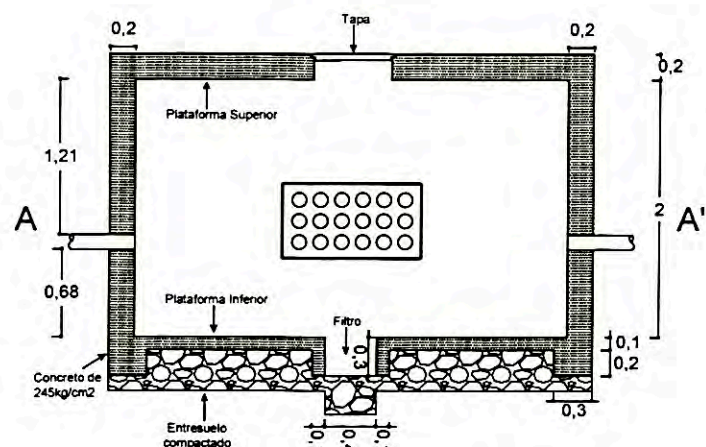
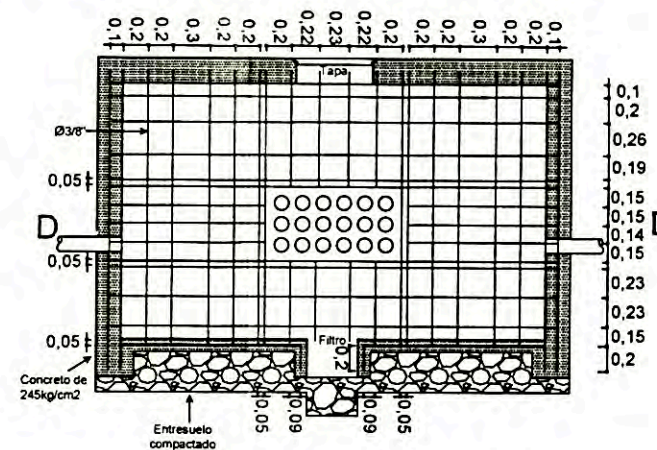
CAMARA SUBTERRANEA N° 1



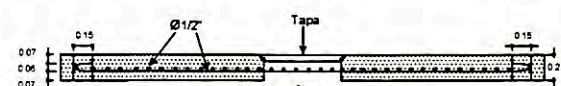
HERRAJE DE PLATAFORMA SUPERIOR



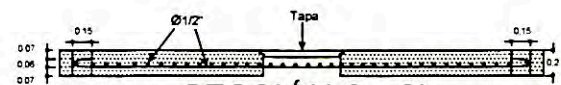
HERRAJE DE PAREDES (SECCIÓN D - D')



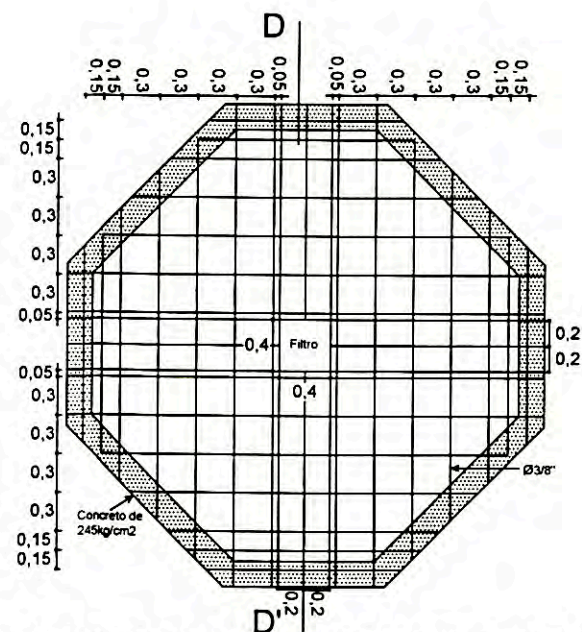
SECCIÓN A - A'



SECCIÓN B - B'



SECCIÓN C - C'



HERRAJE DE PLATAFORMA INFERIOR

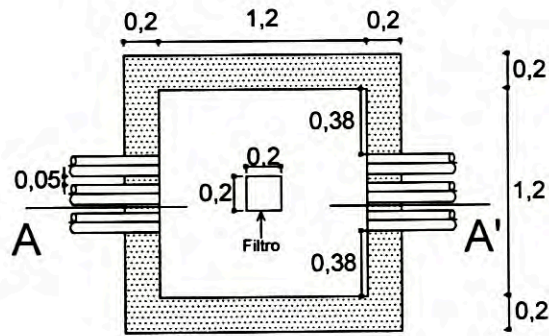
SECCIÓN E - E'

ESPECIFICACIONES

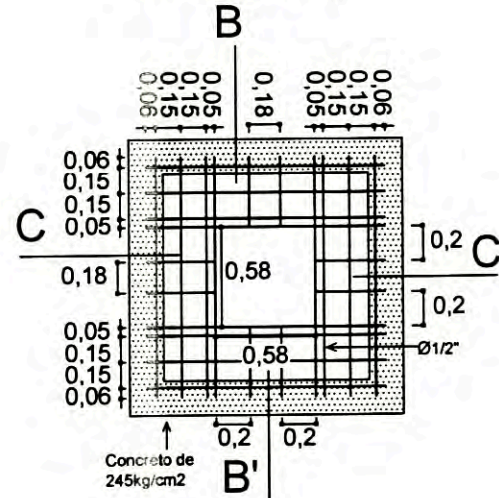
- 1 - Concreto: f'c = 245 Kg/cm² (3 500 psi)
- 2 - Refuerzo:
 - a) Para Ø3/8 f'y = 2800 Kg/cm² (40 000 psi)
 - b) Para Ø1/2 f'y = 4200 Kg/cm² (60 000 psi)

CAMARA SUBTERRANEA N° 2,3,4 y 5

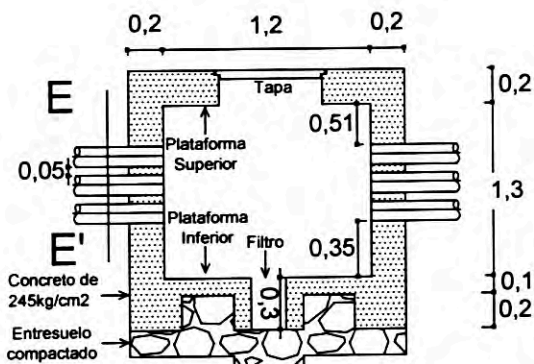
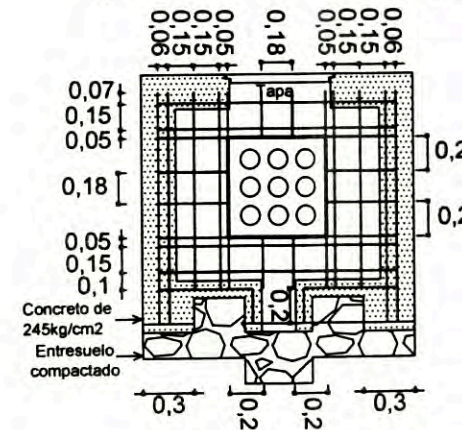
PLANTA INFERIOR



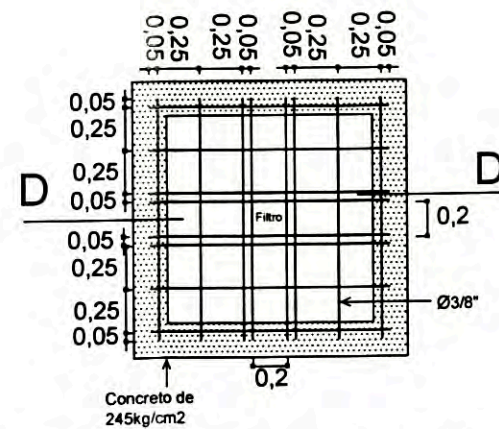
HERRAJE DE PLATAFORMA SUPERIOR



HERRAJE DE PAREDES (SECCIÓN D - D')

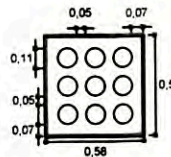


SECCIÓN A - A'



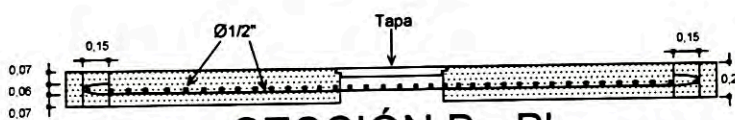
HERRAJE DE PLATAFORMA INFERIOR

SECCIÓN E - E'

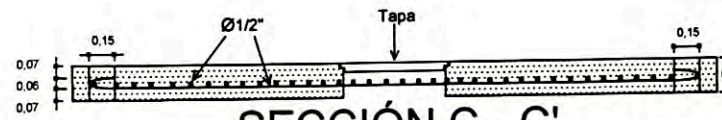


ESPECIFICACIONES

- 1.- Concreto: $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$ (3.500 psi)
- 2.- Refuerzo: a) Para $\varnothing 3/8$ $f'y = 2800 \text{ Kg/cm}^2$ (40.000 psi)
b) Para $\varnothing 1/2$ $f'y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ (60.000 psi)



SECCIÓN B - B'



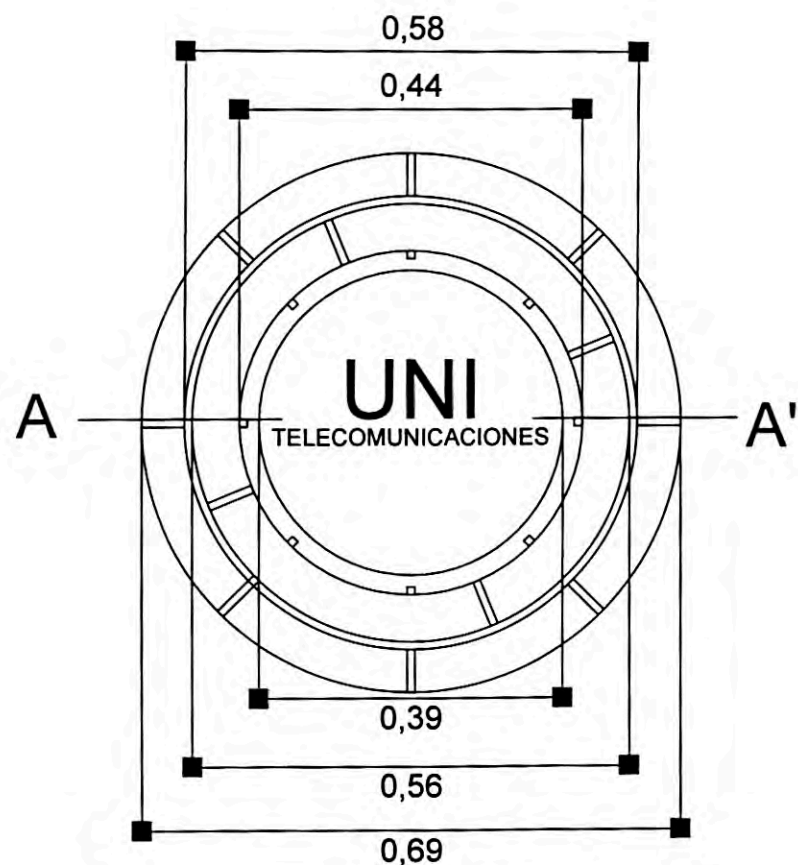
SECCIÓN C - C'

UNI	TELECOMUNICACIONES	PROYECTO RED BACKBONE	CAMARA SUBTERRANEA N° 2,3,4 y 5	AUTOR: DANIEL A. IZQUIERDO CALIXTO.	ESCALA: 1:10	PLANO 2
				ANEXO : H	FECHA: JUNIO 2013	

ANEXO I
PLANO DE ARO Y TAPA DE CAMARA

PLANTA DE ARO Y TAPA CIRCULAR DE CAMARA SUBTERRANEA

ESPECIFICACIONES TECNICAS



a) El material de fabricación del aro de apoyo y del aro de la tapa son fundición de hierro gris, entendiéndose como la aleación de hierro, carbono y silicio.

b) Composición química de la fundición de hierro gris, cantidad por peso:

Carbono (%) = 2.75 - 3.30

Fosforo (%) = 0.20 máximo

Silicio (%) = 1.00 - 2.00

Azufre (%) = 0.10 máximo

Manganeso (%) = 0.70 - 1.00

c) Características mecánicas:

Resistencia mínima a la tracción : 138 mpa (20000 psi).

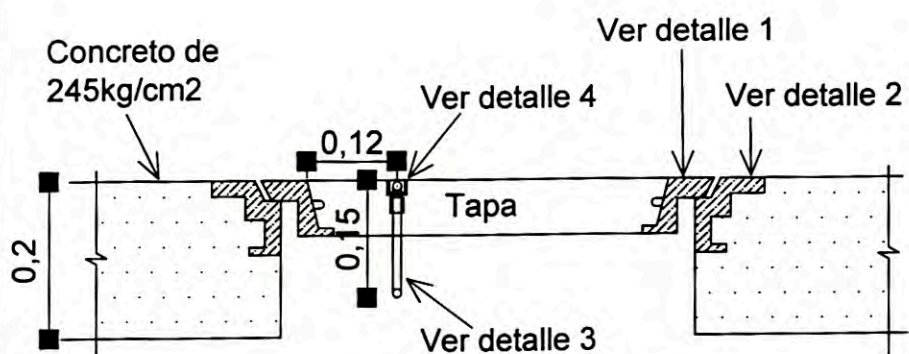
Modulo de ruptura : 278 mpa (40 400 psi).

Dureza : 190 - 290 hbn.

d) La superficie de fundición de la tapa que descansa sobre el aro exterior de apoyo no presenta ninguna distorsión que pueda producir un asiento no uniforme de la tapa.

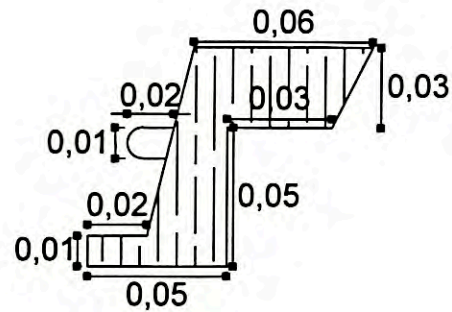
e) Los ganchos de asidero no sobrepasan la rasante de la superficie superior de la tapa.

f) Los grabados son de forma visible y legible, las marcas y datos que se indican en la planta de la tapa circular.



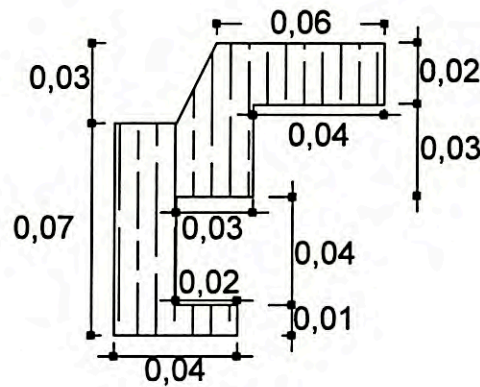
SECCIÓN A - A'

DETALLES DE ARO Y TAPA CIRCULAR DE CAMARA SUBTERRANEA



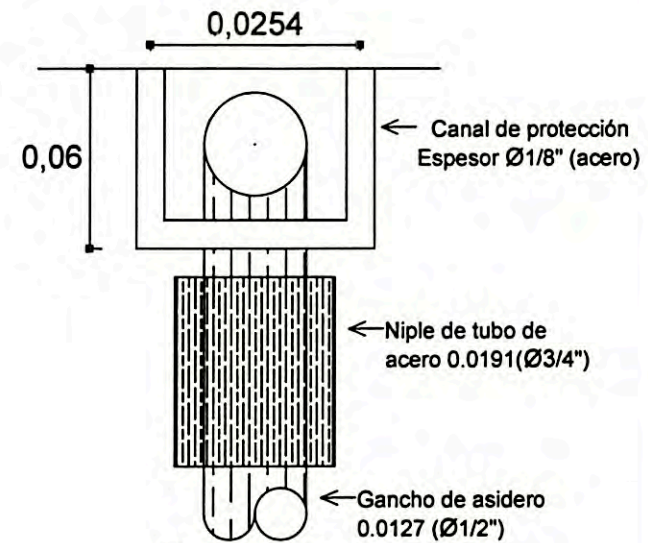
Detalle 1

Indicativo para mejorar la adherencia
concreto - fundición (Escala = 1 : 1)



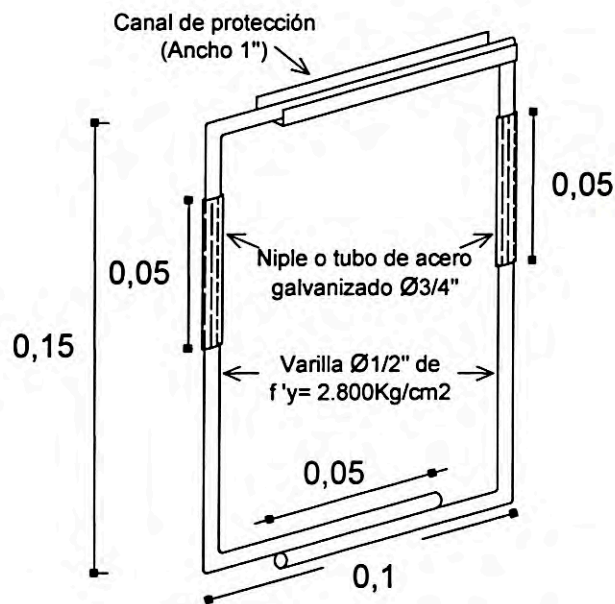
Detalle 2

Aro exterior de apoyo
(Escala = 1 : 2.5)

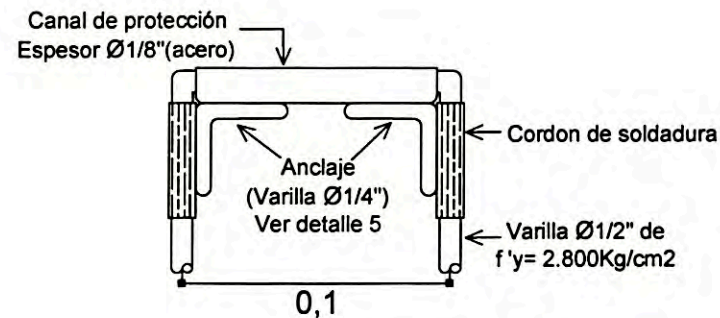


Detalle 3

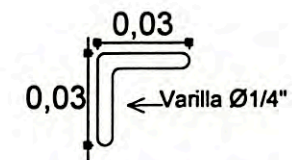
Canal de protección en el
asidero (Escala = 1 : 1)



Gancho del asidero



Detalle 4
Vista frontal del
gancho del asidero
(Escala = 1 : 2)



Detalle 5
Anclaje
(Escala = 1 : 1)

ANEXO J
SUMMARY DE RED BACKBONE

SUMMARY DE RUTA NODO CENTRAL - NODO A

TABLA 1.-RELACION DE UBICACIÓN DE POSTERIA EN LA VIA PUBLICA

N°	Postes	Dirección	Distrito	Cantidad	Tipo de vía	DIST (km)
1	T1	AV. JOSE GALVEZ BARRENECHEA	SAN ISIDRO	1	GTU - DU	0.29
2	L1 - L10	AV. JOSE GALVEZ BARRENECHEA	SAN ISIDRO	10	GTU - DU	
3	L11 - L12	AV. JOSE GALVEZ BARRENECHEA	LA VICTORIA	2	GTU - DU	0.19
4	T2 - T4	AV. JOSE GALVEZ BARRENECHEA	LA VICTORIA	3	GTU - DU	
5	T5 - T8	CALLE CARLOS VILLARAN	LA VICTORIA	4	MUNICIPALIDAD	0.17
6	L13 - L37	AV. NICOLAS ARRIOLA	LA VICTORIA	25	GTU - DU	0.74
7	L38 - L80	AV. CANADA	LA VICTORIA	43	GTU - DU	1.34
8	L81	AV. PASEO DE LA REPUBLICA	LA VICTORIA	1	GTU - DU	0.06
9	L82 - L86	AV. PASEO DE LA REPUBLICA	LINCE	5	GTU - DU	0.18
10	T9 - T32	JR. MANUEL CANDAMO	LINCE	24	MUNICIPALIDAD	0.82
11	T33 - T59	JR. LEON VELARDE	LINCE	27	MUNICIPALIDAD	1.4
12	T60	AV. SALAVERRY	JESUS MARIA	1	GTU - DU	0.07
13	E1 - E34	AV. SALAVERRY	JESUS MARIA	34	GTU - DU	1.14
14	L87	AV. SALAVERRY	JESUS MARIA	1	GTU - DU	
15	E35 - E71	AV. SANCHEZ CARRION	JESUS MARIA	37	GTU - DU	1.28
16	E72 - E96	AV. LA MARINA	PUEBLO LIBRE	25	GTU - DU	1.63
17	T61 - T65	AV. LA MARINA	PUEBLO LIBRE	5	GTU - DU	
18	E97 - E114	AV. LA MARINA	PUEBLO LIBRE	18	GTU - DU	

DONDE:

T: Poste de Telefónica del Perú.

L: Poste de Luz del Sur.

E: Poste de Edelnor.

**TABLA 2.-RESUMEN DE CANTIDAD DE POSTES
Y KILOMETRAJE EN LA VIA PUBLICA**

Distrito	Cantidad	Tipo de via	DIST (km)
SAN ISIDRO	11	GTU - DU	0.29
LA VICTORIA	4	MUNICIPALIDAD	0.17
LA VICTORIA	74	GTU - DU	2.33
LINCE	5	GTU - DU	0.18
LINCE	51	MUNICIPALIDAD	2.22
JESUS MARIA	73	GTU - DU	2.49
PUEBLO LIBRE	48	GTU - DU	1.63
TOTAL POSTES =	266	TOTAL KMs =	9.31

SUMMARY DE RUTA NODO A - NODO B

TABLA 3.-RELACION DE UBICACIÓN DE POSTERIA EN LA VIA PUBLICA

N°	Postes	Dirrección	Distrito	Cantidad	Tipo de via	DIST (km)
1	E1 - E2	AV. LA MARINA	PUEBLO LIBRE	2	GTU - DU	0.028
2	E3 - E16	CALLE JAUN CUEVA	PUEBLO LIBRE	14	GTU - DU	0.42
3	T1 - T24	AV. MANUEL DULANTO(LA MAR)	PUEBLO LIBRE	24	GTU - DU	1.02
4	E17 - E18	AV. MANUEL DULANTO(LA MAR)	PUEBLO LIBRE	2	GTU - DU	
5	E19 - E25	AV. MARISCAL SUCRE	PUEBLO LIBRE	7	GTU - DU	0.21
6	T25 - T29	AV. GENERAL VIVANCO	PUEBLO LIBRE	5	GTU - DU	0.78
7	E26 - E37	AV. GENERAL VIVANCO	PUEBLO LIBRE	12	GTU - DU	
8	T30 - T35	AV. GENERAL VIVANCO	PUEBLO LIBRE	6	GTU - DU	
9	E38 - E39	AV. GENERAL VIVANCO	PUEBLO LIBRE	2	GTU - DU	
10	E40 - E101	AV. BRASIL	BREÑA	62	GTU - DU	2.15
11	E102 - E103	AV. BRASIL	JESUS MARIA	2	GTU - DU	0.03
12	E104	AV. 28 DE JULIO	JESUS MARIA	1	GTU - DU	0.083
13	L1 - L7	AV. 28 DE JULIO	JESUS MARIA	7	GTU - DU	0.39
14	L8	AV. 28 DE JULIO	LIMA CENTRO	1	GTU - DU	0.27
15	T36- T38	AV. 28 DE JULIO	LIMA CENTRO	3	GTU - DU	
16	L9 - L32	AV. 28 DE JULIO	LIMA CENTRO	24	GTU - DU	
17	L33 - L37	AV. 28 DE JULIO	LA VICTORIA	5	GTU - DU	1.63
18	T39 - T41	AV. 28 DE JULIO	LA VICTORIA	3	GTU - DU	
19	T42 - T45	JR. CANTA	LA VICTORIA	4	MUNICIPALIDAD	0.134
20	T46 - T71	JR. GARCIA NARANJO	LA VICTORIA	26	MUNICIPALIDAD	0.92
21	T72 - T79	JR. MENDOZA MERINO	LA VICTORIA	8	MUNICIPALIDAD	0.272

DONDE:

T: Poste de Telefónica del Perú.

L: Poste de Luz del Sur.

E: Poste de Edelnor.

**TABLA 4.-RESUMEN DE CANTIDAD DE POSTES
Y KILOMETRAJE EN LA VIA PUBLICA**

Distrito	Cantidad	Tipo de via	DIST (km)
PUEBLO LIBRE	74	GTU - DU	2.458
BREÑA	62	GTU - DU	2.15
JESUS MARIA	10	GTU - DU	0.503
LIMA CENTRO	28	GTU - DU	0.27
LA VICTORIA	8	GTU - DU	1.63
LA VICTORIA	38	MUNICIPALIDAD	1.326
TOTAL POSTES =	220	TOTAL KMs =	8.337

SUMMARY DE RUTA NODO B - NODO C

TABLA 5.-RELACION DE UBICACIÓN DE POSTERIA EN LA VIA PUBLICA

N°	Postes	Dirección	Distrito	Cant	Tipo de vía	DIST (km)
1	T1 - T8	JR. MENDOZA MERINO	LA VICTORIA	8	MUNICIPALIDAD	0.272
2	T9 - T30	JR. GARCIA NARANJO	LA VICTORIA	22	MUNICIPALIDAD	0.84
3	T31 - T34	JR. HUANUCO	LA VICTORIA	4	MUNICIPALIDAD	0.121
4	T35 - T46	AV. 28 DE JULIO	LIMA CENTRO	12	GTU - DU	0.46
5	L1 - L4	AV. 28 DE JULIO	LIMA CENTRO	4	GTU - DU	0.09
6	T37	AV. SAN PABLO	LIMA CENTRO	1	MUNICIPALIDAD	0.038
7	T38 - T51	AV. SAN PABLO	LA VICTORIA	4	MUNICIPALIDAD	0.14
8	T52 - T61	AV. BAUSATE MESA	LA VICTORIA	10	GTU - DU	0.35
9	T62 - T65	PROL. SEBASTIAN BARRANCA	LA VICTORIA	4	MUNICIPALIDAD	0.11
10	L5 - L6	AV. NICOLAS AYLLON	LA VICTORIA	2	GTU - DU	0.03
11	E1	AV. NICOLAS AYLLON	EL AGUSTINO	1	GTU - DU	0.068
12	T66 - T73	AV. GARCILAZO DE LA VEGA	EL AGUSTINO	8	MUNICIPALIDAD	0.23
13	T74 - T78	CALLE MARCELINO TORRES	EL AGUSTINO	5	MUNICIPALIDAD	0.12
14	T79 - T83	CALLE CUCARDA	EL AGUSTINO	5	MUNICIPALIDAD	0.13
15	T83 - T86	CALLE F. VELARDE	EL AGUSTINO	4	MUNICIPALIDAD	0.11
16	L7 - L12	AV. RIVA AGUERO	EL AGUSTINO	6	GTU - DU	2.21
17	E2 - E54	AV. RIVA AGUERO	EL AGUSTINO	53	GTU - DU	
18	E55 - E93	AV. CESAR VALLEJO	EL AGUSTINO	39	GTU - DU	1.07
19	E94 - E95	AV. LA ATARJEA	EL AGUSTINO	2	GTU - DU	0.3
20	T87 - T92	AV. LA ATARJEA	EL AGUSTINO	6	GTU - DU	
21	E96	AV. LA ATARJEA	EL AGUSTINO	1	GTU - DU	
22	E97 - E99	PJE. S/N	SANTA ANITA	3	MUNICIPALIDAD	0.07
23	E100 - E113	AV. FERROCARRIL	SANTA ANITA	14	GTU - DU	0.4
24	E114	PJE. S/N	SANTA ANITA	1	MUNICIPALIDAD	0.015
25	T93 - T107	AV. ATARJEA	SANTA ANITA	15	GTU - DU	0.62
26	T108 - T115	AV. SANTIAGO DE CHUCO	SANTA ANITA	8	GTU - DU	0.43
27	T116 - T119	CALLE SANTUCHO	SANTA ANITA	4	MUNICIPALIDAD	0.13
28	T120 - T124	AV. LOS EUCALIPTOS	SANTA ANITA	5	GTU - DU	0.21
29	T125 - T141	CALLE COCHARCAS	SANTA ANITA	17	MUNICIPALIDAD	0.84
30	T142 - T144	CALLE YUPANQUI	SANTA ANITA	3	MUNICIPALIDAD	0.043
31	T145 - T148	AV. EL TREBOL	SANTA ANITA	4	MUNICIPALIDAD	0.18
32	T149	AV. 9 DE SETIEMBRE	SANTA ANITA	1	GTU - DU	0.083
33	L13 - L38	AV. ALTO HUANCARAY	SANTA ANITA	26	GTU - DU	0.83

DONDE:

T: Poste de Telefónica del Perú.

L: Poste de Luz del Sur.

E: Poste de Edelnor.

**TABLA 6.-RESUMEN DE CANTIDAD DE POSTES
Y KILOMETRAJE EN LA VIA PUBLICA**

Distrito	Cantidad	Tipo de via	DIST (km)
LA VICTORIA	12	GTU - DU	0.38
LA VICTORIA	42	MUNICIPALIDAD	1.483
LIMA CENTRO	16	GTU - DU	0.55
LIMA CENTRO	1	MUNICIPALIDAD	0.038
EL AGUSTINO	108	GTU - DU	3.648
EL AGUSTINO	22	MUNICIPALIDAD	0.59
SANTA ANITA	69	GTU - DU	2.573
SANTA ANITA	32	MUNICIPALIDAD	1.278
TOTAL POSTES =	302	TOTAL KM_s =	10.54

SUMMARY DE RUTA NODO C - NODO CENTRAL

TABLA 7.-RELACION DE UBICACIÓN DE POSTERIA EN LA VIA PUBLICA

Ruta	Postes	Dirección	Distrito	Cant	Tipo de vía	DIST (km)
1	T1	AV. JOSE GALVEZ BARRENECHEA	SAN ISIDRO	1	GTU - DU	0.29
2	L1 - L10	AV. JOSE GALVEZ BARRENECHEA	SAN ISIDRO	10	GTU - DU	
3	L11 - L12	AV. JOSE GALVEZ BARRENECHEA	LA VICTORIA	2	GTU - DU	0.21
4	T2 - T9	AV. JOSE GALVEZ BARRENECHEA	LA VICTORIA	8	GTU - DU	
5	T10 - T13	CALLE CARLOS PORTOCARRERO	LA VICTORIA	4	MUNICIPALIDAD	0.14
6	T14 - T24	CALLE HORACIO CACHAY	LA VICTORIA	11	MUNICIPALIDAD	0.39
7	T25 - T40	AV. CANADA	LA VICTORIA	16	GTU - DU	0.73
8	L13 - L14	CALLE ENRIQUE ENCINAS	LA VICTORIA	2	MUNICIPALIDAD	0.06
9	T41 - T44	CALLE MARCELINO GONZALES	LA VICTORIA	4	MUNICIPALIDAD	0.17
10	L15 - L24	AV. AVIACIÓN	LA VICTORIA	10	GTU - DU	0.24
11	L25 - L30	AV. DEL AIRE	SAN LUIS	6	GTU - DU	0.75
12	T45 - T50	AV. DEL AIRE	SAN LUIS	6	GTU - DU	
13	L31 - L42	AV. DEL AIRE	SAN LUIS	12	GTU - DU	
14	T51 - T61	AV. SAN LUIS	SAN LUIS	11	GTU - DU	0.76
15	L43 - L53	AV. SAN LUIS	SAN LUIS	11	GTU - DU	
16	L54 - L97	AV. NICOLAS ARRIOLA	SAN LUIS	44	GTU - DU	1.73
17	L98 - L102	AV. NICOLAS AYLLON	SAN LUIS	5	GTU - DU	0.21
18	L103 - L106	AV. NICOLAS AYLLON	ATE VITARTE	4	GTU - DU	3.75
19	T61 - T81	AV. NICOLAS AYLLON	ATE VITARTE	21	GTU - DU	
20	L107 - L146	AV. NICOLAS AYLLON	ATE VITARTE	40	GTU - DU	
21	T82 - T93	AV. NICOLAS AYLLON	ATE VITARTE	12	GTU - DU	
22	L147 - L178	AV. NICOLAS AYLLON	ATE VITARTE	32	GTU - DU	
23	L179 - L213	AV. 9 DE SETIEMBRE	SANTA ANITA	35	GTU - DU	1.162
24	T94 - T107	CALLE 41	SANTA ANITA	14	MUNICIPALIDAD	0.58
25	T108 - T109	CALLE 45	SANTA ANITA	2	MUNICIPALIDAD	0.045
26	L214 - L223	AV. ALTO HUANCARAY	SANTA ANITA	10	GTU - DU	0.29

DONDE:

T: Poste de Telefónica del Perú.

L: Poste de Luz del Sur.

E: Poste de Edelnor.

**TABLA 8.-RESUMEN DE CANTIDAD DE POSTES
Y KILOMETRAJE EN LA VIA PUBLICA**

Distrito	Cantidad	Tipo de via	DIST (km)
SAN ISIDRO	11	GTU - DU	0.29
LA VICTORIA	36	GTU - DU	1.18
LA VICTORIA	21	MUNICIPALIDAD	0.76
SAN LUIS	95	GTU - DU	3.45
ATE VITARTE	109	GTU - DU	3.75
SANTA ANITA	45	GTU - DU	1.452
SANTA ANITA	16	MUNICIPALIDAD	0.625
TOTAL POSTES =	333	TOTAL KM _s =	11.507

ANEXO K
FERRETERIA DE RED BACKBONE

FERRETERIA DE LA RUTA NODO CENTRAL - NODO A

Tabla 1.- Metraje, crucetas y mufas del cableado de ruta NODO CENTRAL - NODO A

Nº	Cableado	Longitud (metros)	Poste (Cruceta)	Poste (Mufa)
1	Ingreso al Nodo Central	50	-	-
2	Canalizado 1	22	-	-
3	Subida de cable en el poste T1	10	-	-
4	Entre reservas	931	-	-
5	Reserva Nº 1	80	L21	-
6	Entre reservas	931	-	-
7	Reserva Nº 2	80	L52	-
8	Entre reservas	931	-	-
9	Reserva Nº 3	80	L81	-
10	Entre reserva y fin de bobina	900	-	-
11	Fin de bobina(Empalme)	30	T26	T26
12	Inicio de bobina(Empalme)	30		
13	Entre reserva e inicio de bobina	31	-	-
14	Reserva Nº 4	80	T27	-
15	Entre reservas	931	-	-
16	Reserva Nº 5	80	T46	-
17	Entre reservas	931	-	-
18	Reserva Nº 6	80	E11	-
19	Entre reservas	931	-	-
20	Reserva Nº 7	80	E39	-
21	Entre reserva y fin de bobina	813	-	-
22	Fin de bobina(Empalme)	30	E64	E64
23	Inicio de bobina(Empalme)	30		
24	Entre reserva e inicio de bobina	119	-	-
25	Reserva Nº 8	80	E67	-
26	Entre reservas	931	-	-
27	Reserva Nº 9	104	E93	-
28	Entre reserva y fin de bobina	957	-	-
29	Ingreso al Nodo A	50	-	-
TOTAL		10333	11	2

DONDE:

T: Poste de Telefónica del Perú.

L: Poste de Luz del Sur.

E: Poste de Edelnor.

Tabla 2.- Cuadro de ferreteria por poste que se usa en el cableado de ruta NODO CENTRAL - NODO A.

Nº	Poste	Suspensión (Chapa)	Tensión (Cleps)	Preformado	Mensajero(m)	Hebillas 3/4	Cinta band it 3/4(m)
1	T1	-	1	1	-	2	1.4
2	L1	-	2	2	-	2	1.4
3	L2	1	-	-	-	2	1.4
4	L3	1	-	-	-	2	1.4
5	L4	1	-	-	-	2	1.4
6	L5	1	-	-	-	2	1.4
7	L6	1	-	-	-	2	1.4
8	L7	1	-	-	-	2	1.4
9	L8	-	2	2	-	2	1.4
10	L9	-	2	2	-	2	1.4
11	L10	1	-	-	-	2	1.4
12	L11	-	2	2	-	2	1.4
13	L12	-	2	2	-	2	1.4
14	T2	-	2	2	-	2	1.4
15	T3	-	2	2	-	2	1.4
16	T4	-	2	2	-	2	1.4
17	T5	1	-	-	-	2	1.4
18	T6	1	-	-	-	2	1.4
19	T7	-	2	2	-	2	1.4
20	T8	-	2	2	-	2	1.4
21	L13	-	2	2	-	2	1.4
22	L14	1	-	-	-	2	1.4
23	L15	-	2	2	-	2	1.4
24	L16	-	2	2	-	2	1.4
25	L17	1	-	-	-	2	1.4
26	L18	1	-	-	-	2	1.4
27	L19	1	-	-	-	2	1.4
28	L20	1	-	-	-	2	1.4
29	L21	-	2	2	-	4	2.8
30	L22	1	-	-	-	2	1.4
31	L23	1	-	-	-	2	1.4
32	L24	1	-	-	-	2	1.4
33	L25	1	-	-	-	2	1.4
34	L26	1	-	-	-	2	1.4
35	L27	-	2	2	-	2	1.4
36	L28	-	2	2	-	2	1.4
37	L29	1	-	-	-	2	1.4

38	L30	-	2	2	-	2	1.4
39	L31	1	-	-	-	2	1.4
40	L32	1	-	-	-	2	1.4
41	L33	1	-	-	-	2	1.4
42	L34	1	-	-	-	2	1.4
43	L35	-	2	2	-	2	1.4
44	L36	1	-	-	-	2	1.4
45	L37	-	2	2	30	2	1.4
46	L38	-	1	1		2	1.4
47	L39	-	2	2	-	2	1.4
48	L40	1	-	-	-	2	1.4
49	L41	1	-	-	-	2	1.4
50	L42	1	-	-	-	2	1.4
51	L43	-	2	2	-	2	1.4
52	L44	-	2	2	-	2	1.4
53	L45	1	-	-	-	2	1.4
54	L46	1	-	-	-	2	1.4
55	L47	1	-	-	-	2	1.4
56	L48	1	-	-	-	2	1.4
57	L49	-	2	2	-	2	1.4
58	L50	-	2	2	-	2	1.4
59	L51	1	-	-	-	2	1.4
60	L52	-	2	2	-	4	2.8
61	L53	1	-	-	-	2	1.4
62	L54	-	2	2	-	2	1.4
63	L55	-	2	2	-	2	1.4
64	L56	1	-	-	-	2	1.4
65	L57	1	-	-	-	2	1.4
66	L58	-	2	2	-	2	1.4
67	L59	-	2	2	-	2	1.4
68	L60	1	-	-	-	2	1.4
69	L61	1	-	-	-	2	1.4
70	L62	-	2	2	-	2	1.4
71	L63	1	-	-	-	2	1.4
72	L64	-	2	2	-	2	1.4
73	L65	-	2	2	-	2	1.4
74	L66	1	-	-	-	2	1.4
75	L67	1	-	-	-	2	1.4
76	L68	-	2	2	-	2	1.4
77	L69	1	-	-	-	2	1.4
78	L70	1	-	-	-	2	1.4

79	L71	1	-	-	-	2	1.4
80	L72	-	2	2	-	2	1.4
81	L73	1	-	-	-	2	1.4
82	L74	1	-	-	-	2	1.4
83	L75	1	-	-	-	2	1.4
84	L76	1	-	-	-	2	1.4
85	L77	-	2	2	-	2	1.4
86	L78	1	-	-	-	2	1.4
87	L79	1	-	-	-	2	1.4
88	L80	-	2	2	-	2	1.4
89	L81	-	2	2	-	4	2.8
90	L82	-	2	2	-	2	1.4
91	L83	-	2	2	-	2	1.4
92	L84	1	-	-	-	2	1.4
93	L85	1	-	-	-	2	1.4
94	L86	-	2	2	-	2	1.4
95	T9	-	2	2	-	2	1.4
96	T10	1	-	-	-	2	1.4
97	T11	-	2	2	-	2	1.4
98	T12	-	2	2	-	2	1.4
99	T13	1	-	-	-	2	1.4
100	T14	1	-	-	-	2	1.4
101	T15	1	-	-	-	2	1.4
102	T16	1	-	-	-	2	1.4
103	T17	-	2	2	-	2	1.4
104	T18	1	-	-	-	2	1.4
105	T19	1	-	-	-	2	1.4
106	T20	1	-	-	-	2	1.4
107	T21	-	2	2	-	2	1.4
108	T22	-	2	2	-	2	1.4
109	T23	1	-	-	-	2	1.4
110	T24	1	-	-	-	2	1.4
111	T25	1	-	-	-	2	1.4
112	T26	-	2	2	-	4	2.8
113	T27	-	2	2	-	4	2.8
114	T28	1	-	-	-	2	1.4
115	T29	-	2	2	-	2	1.4
116	T30	-	2	2	-	2	1.4
117	T31	1	-	-	-	2	1.4
118	T32	1	-	-	-	2	1.4
119	T33	1	-	-	-	2	1.4

120	T34	1	-	-	-	2	1.4
121	T35	-	2	2	-	2	1.4
122	T36	1	-	-	-	2	1.4
123	T37	1	-	-	-	2	1.4
124	T38	1	-	-	-	2	1.4
125	T39	1	-	-	-	2	1.4
126	T40	-	2	2	-	2	1.4
127	T41	1	-	-	-	2	1.4
128	T42	1	-	-	-	2	1.4
129	T43	1	-	-	-	2	1.4
130	T44	1	-	-	-	2	1.4
131	T45	1	-	-	-	2	1.4
132	T46	-	2	2	-	4	2.8
133	T47	1	-	-	-	2	1.4
134	T48	1	-	-	-	2	1.4
135	T49	1	-	-	-	2	1.4
136	T50	1	-	-	-	2	1.4
137	T51	1	-	-	-	2	1.4
138	T52	-	2	2	-	2	1.4
139	T53	1	-	-	-	2	1.4
140	T54	1	-	-	-	2	1.4
141	T55	1	-	-	-	2	1.4
142	T56	1	-	-	-	2	1.4
143	T57	1	-	-	-	2	1.4
144	T58	-	2	2	-	2	1.4
145	T59	-	2	2	-	2	1.4
146	T60	-	2	2	-	2	1.4
147	E1	1	-	-	-	2	1.4
148	E2	1	-	-	-	2	1.4
149	E3	1	-	-	-	2	1.4
150	E4	1	-	-	-	2	1.4
151	E5	-	2	2	-	2	1.4
152	E6	-	2	2	-	2	1.4
153	E7	-	2	2	-	2	1.4
154	E8	1	-	-	-	2	1.4
155	E9	1	-	-	-	2	1.4
156	E10	1	-	-	-	2	1.4
157	E11	-	2	2	-	4	2.8
158	E12	1	-	-	-	2	1.4
159	E13	-	2	2	-	2	1.4
160	E14	-	2	2	-	2	1.4

161	E15	1	-	-	-	2	1.4
162	E16	1	-	-	-	2	1.4
163	E17	1	-	-	-	2	1.4
164	E18	-	2	2	-	2	1.4
165	E19	-	2	2	-	2	1.4
166	E20	1	-	-	-	2	1.4
167	E21	1	-	-	-	2	1.4
168	E22	1	-	-	-	2	1.4
169	E23	1	-	-	-	2	1.4
170	E24	1	-	-	-	2	1.4
171	E25	-	2	2	-	2	1.4
172	E26	1	-	-	-	2	1.4
173	E27	1	-	-	-	2	1.4
174	E28	1	-	-	-	2	1.4
175	E29	1	-	-	-	2	1.4
176	E30	-	2	2	-	2	1.4
177	E31	1	-	-	-	2	1.4
178	E32	1	-	-	-	2	1.4
179	E33	1	-	-	-	2	1.4
180	E34	-	2	2	-	2	1.4
181	E35	-	1	1	30	2	1.4
182	E36	-	2	2		2	1.4
183	E37	1	-	-	-	2	1.4
184	E38	1	-	-	-	2	1.4
185	E39	-	2	2	-	2	1.4
186	E40	-	2	2	-	4	2.8
187	E41	1	-	-	-	2	1.4
188	E42	1	-	-	-	2	1.4
189	E43	1	-	-	-	2	1.4
190	E44	1	-	-	-	2	1.4
191	E45	-	2	2	-	2	1.4
192	E46	-	2	2	-	2	1.4
193	E47	1	-	-	-	2	1.4
194	E48	1	-	-	-	2	1.4
195	E49	1	-	-	-	2	1.4
196	E50	1	-	-	-	2	1.4
197	E51	-	2	2	-	2	1.4
198	E52	-	2	2	-	2	1.4
199	E53	-	2	2	-	2	1.4
200	E54	1	-	-	-	2	1.4

202	E55	1	-	-	-	2	1.4
203	E56	1	-	-	-	2	1.4
204	E57	1	-	-	-	2	1.4
205	E58	1	-	-	-	2	1.4
206	E59	1	-	-	-	2	1.4
207	E60	-	2	2	-	2	1.4
208	E61	-	2	2	-	2	1.4
209	E62	1	-	-	-	2	1.4
210	E63	1	-	-	-	2	1.4
211	E64	-	2	2	-	4	2.8
212	E65	1	-	-	-	2	1.4
213	E66	1	-	-	-	2	1.4
214	E67	-	2	2	-	4	2.8
215	E68	1	-	-	-	2	1.4
216	E69	1	-	-	-	2	1.4
217	E70	1	-	-	-	2	1.4
218	E71	-	2	2	-	2	1.4
219	E72	-	2	2	-	2	1.4
220	E73	1	-	-	-	2	1.4
221	E74	1	-	-	-	2	1.4
222	E75	-	2	2	-	2	1.4
223	E76	-	2	2	-	2	1.4
224	E77	-	2	2	-	2	1.4
225	E78	1	-	-	-	2	1.4
226	E79	-	2	2	-	2	1.4
227	E80	1	-	-	-	2	1.4
228	E81	-	2	2	-	2	1.4
229	E82	-	2	2	-	2	1.4
230	E83	-	2	2	-	2	1.4
231	E84	-	2	2	-	2	1.4
232	E85	1	-	-	-	2	1.4
233	E86	1	-	-	-	2	1.4
234	E87	-	2	2	-	2	1.4
235	E88	1	-	-	-	2	1.4
236	E89	1	-	-	-	2	1.4
237	E90	1	-	-	-	2	1.4
238	E91	-	2	2	-	2	1.4
239	E92	1	-	-	-	2	1.4
240	E93	-	2	2	-	4	2.8
241	E94	-	2	2	-	2	1.4
242	E95	-	2	2	-	2	1.4

243	E96	1	-	-	-	2	1.4
244	T61	1	-	-	-	2	1.4
245	T62	1	-	-	-	2	1.4
246	T63	1	-	-	-	2	1.4
247	T64	-	2	2	-	2	1.4
248	T65	-	2	2	-	2	1.4
249	E97	1	-	-	-	2	1.4
250	E98	1	-	-	-	2	1.4
251	E99	1	-	-	-	2	1.4
252	E100	1	-	-	-	2	1.4
253	E101	1	-	-	-	2	1.4
254	E102	1	-	-	-	2	1.4
255	E103	-	2	2	-	2	1.4
256	E104	1	-	-	-	2	1.4
257	E105	1	-	-	-	2	1.4
258	E106	1	-	-	-	2	1.4
259	E107	1	-	-	-	2	1.4
260	E108	1	-	-	-	2	1.4
261	E109	-	2	2	-	2	1.4
262	E110	1	-	-	-	2	1.4
263	E111	1	-	-	-	2	1.4
264	E112	1	-	-	-	2	1.4
265	E113	1	-	-	-	2	1.4
266	E114	-	1	1	-	2	1.4
	TOTAL	163	202	202	60	554	387.8

DONDE:

T: Poste de Telefónica del Perú.

L: Poste de Luz del Sur.

E: Poste de Edelnor.

FERRETERIA DE LA RUTA NODO A - NODO B

Tabla 3.- Metraje, crucetas y mufas del cableado de ruta NODO A - NODO B

Nº	Cableado	Longitud(metros)	Poste(Cruceta)	Poste(Mufa)
1	Ingreso al Nodo A	50	-	-
2	Entre reservas	925	-	-
3	Reserva Nº 1	80	T11	-
4	Entre reservas	925	-	-
5	Reserva Nº 2	80	T27	-
6	Entre reservas	925	-	-
7	Reserva Nº 3	80	E48	-
8	Entre reserva y fin de bobina	876	-	-
9	Fin de bobina(Empalme)	30	E73	E73
10	Inicio de bobina(Empalme)	30		
11	Entre reserva e inicio de bobina	30	-	-
12	Reserva Nº 4	80	E74	-
13	Entre reservas	925	-	-
14	Reserva Nº 5	80	E100	-
15	Entre reservas	925	-	-
16	Reserva Nº 6	80	L14	-
17	Entre reservas	925	-	-
18	Reserva Nº 7	80	T44	-
19	Entre reserva y fin de bobina	819	-	-
20	Fin de bobina(Empalme)	30	T66	T66
21	Inicio de bobina(Empalme)	30		
22	Entre reserva e inicio de bobina	107	-	-
23	Reserva Nº 8	107	T69	-
24	Entre reserva y fin de bobina	331	-	-
25	Ingreso al Nodo B	50	-	-
TOTAL		8600	11	2

DONDE:

T: Poste de Telefónica del Perú.

L: Poste de Luz del Sur.

E: Poste de Edelnor.

Tabla 4.- Cuadro de ferreteria por poste que se usa en el cableado de ruta NODO A - NODO B

Nº	Poste	Suspensión (Chapa)	Tensión (Cleps)	Preformado	Brazo	Mensajero(m)	Hebillas 3/4	Cinta band it 3/4(m)
1	E1	-	-	1	-	45	2	1.4
2	E2	-	1	1	-		2	1.4
3	E3	-	2	2	-	-	2	1.4
4	E4	1	-	-	-	-	2	1.4
5	E5	1	-	-	-	-	2	1.4
6	E6	1	-	-	-	-	2	1.4
7	E7	1	-	2	1	-	2	1.4
8	E8	1	-	-	-	-	2	1.4
9	E9	-	2	2	-	-	2	1.4
10	E10	1	-	-	-	-	2	1.4
11	E11	1	-	-	-	-	4	2.8
12	E12	1	-	-	-	-	2	1.4
13	E13	1	-	-	-	-	2	1.4
14	E14	1	-	-	-	-	2	1.4
15	E15	1	-	-	-	-	2	1.4
16	E16	-	2	2	-	-	2	1.4
17	T1	-	1	1	-	40	2	1.4
18	T2	-	2	2	-		2	1.4
19	T3	1	-	-	-	-	2	1.4
20	T4	1	-	-	-	-	2	1.4
21	T5	-	2	2	-	-	2	1.4
22	T6	1	-	-	-	-	2	1.4
23	T7	1	-	-	-	-	2	1.4
24	T8	1	-	-	-	-	2	1.4
25	T9	1	-	-	-	-	2	1.4
26	T10	1	-	-	-	-	2	1.4
27	T11	-	2	2	-	-	2	1.4
28	T12	1	-	-	-	-	2	1.4
29	T13	1	-	-	-	-	2	1.4
30	T14	1	-	-	-	-	2	1.4
31	T15	1	-	-	-	-	2	1.4
32	T16	1	-	-	-	-	2	1.4
33	T17	-	2	2	-	-	2	1.4
34	T18	1	-	-	-	-	2	1.4
35	T19	1	-	-	-	-	2	1.4
36	T20	1	-	-	-	-	2	1.4
37	T21	1	-	-	-	-	2	1.4

38	T22	1	-	-	-	-	2	1.4
39	T23	-	2	2	-	-	2	1.4
40	T24	-	2	2	-	-	2	1.4
41	E17	1	-	-	-	-	2	1.4
42	E18	-	2	2	-	-	2	1.4
43	E19	-	2	2	-	-	2	1.4
44	E20	1	-	-	-	-	2	1.4
45	E21	1	-	-	-	-	2	1.4
46	E22	1	-	-	-	-	2	1.4
47	E23	1	-	-	-	-	2	1.4
48	E24	1	-	-	-	-	2	1.4
49	E25	-	2	2	-	-	2	1.4
50	T25	-	2	2	-	-	2	1.4
51	T26	1	-	-	-	-	2	1.4
52	T27	-	2	2	-	-	4	2.8
53	T28	1	-	-	-	-	2	1.4
54	T29	-	2	2	-	-	2	1.4
55	E26	-	2	2	-	-	2	1.4
56	E27	1	-	-	-	-	2	1.4
57	E28	1	-	-	-	-	2	1.4
58	E29	-	2	2	-	-	2	1.4
59	E30	1	-	-	-	-	2	1.4
60	E31	1	-	-	-	-	2	1.4
61	E32	1	-	-	-	-	2	1.4
62	E33	1	-	-	-	-	2	1.4
63	E34	1	-	2	1	-	2	1.4
64	E35	1	-	-	-	-	2	1.4
65	E36	1	-	-	-	-	2	1.4
66	E37	1	-	-	-	-	2	1.4
67	T30	1	-	-	-	-	2	1.4
68	T31	-	2	2	-	-	2	1.4
69	T32	1	-	-	-	-	2	1.4
70	T33	1	-	-	-	-	2	1.4
71	T34	1	-	-	-	-	2	1.4
72	T35	-	2	2	-	-	2	1.4
73	E38	-	2	2	-	-	2	1.4
74	E39	-	2	2	-	-	2	1.4
75	E40	-	2	2	-	-	2	1.4
76	E41	1	-	-	-	-	2	1.4
77	E42	1	-	-	-	-	2	1.4
78	E43	1	-	-	-	-	2	1.4

79	E44	-	2	2	-	-	2	1.4
80	E45	1	-	-	-	-	2	1.4
81	E46	1	-	-	-	-	2	1.4
82	E47	1	-	-	-	-	2	1.4
83	E48	-	2	2	-	-	4	2.8
84	E49	1	-	-	-	-	2	1.4
85	E50	1	-	-	-	-	2	1.4
86	E51	1	-	-	-	-	2	1.4
87	E52	1	-	-	-	-	2	1.4
88	E53	1	-	-	-	-	2	1.4
89	E54	-	2	2	-	-	2	1.4
90	E55	1	-	-	-	-	2	1.4
91	E56	1	-	-	-	-	2	1.4
92	E57	1	-	-	-	-	2	1.4
93	E58	1	-	-	-	-	2	1.4
94	E59	1	-	-	-	-	2	1.4
95	E60	-	2	2	-	-	2	1.4
96	E61	1	-	-	-	-	2	1.4
97	E62	1	-	-	-	-	2	1.4
98	E63	1	-	-	-	-	2	1.4
99	E64	1	-	-	-	-	2	1.4
100	E65	1	-	-	-	-	2	1.4
101	E66	-	2	2	-	-	2	1.4
102	E67	1	-	-	-	-	2	1.4
103	E68	1	-	-	-	-	2	1.4
104	E69	1	-	-	-	-	2	1.4
105	E70	1	-	-	-	-	2	1.4
106	E71	1	-	-	-	-	2	1.4
107	E72	1	-	-	-	-	2	1.4
108	E73	-	2	2	-	-	4	2.8
109	E74	-	2	2	-	-	4	2.8
110	E75	1	-	-	-	-	2	1.4
111	E76	1	-	-	-	-	2	1.4
112	E77	1	-	-	-	-	2	1.4
113	E78	1	-	-	-	-	2	1.4
114	E79	1	-	-	-	-	2	1.4
115	E80	-	2	2	-	-	2	1.4
116	E81	1	-	-	-	-	2	1.4
117	E82	1	-	-	-	-	2	1.4
118	E83	1	-	-	-	-	2	1.4
119	E84	1	-	-	-	-	2	1.4

120	E85	1	-	-	-	-	2	1.4
121	E86	-	2	2	-	-	2	1.4
122	E87	1	-	-	-	-	2	1.4
123	E88	1	-	-	-	-	2	1.4
124	E89	1	-	-	-	-	2	1.4
125	E90	1	-	-	-	-	2	1.4
126	E91	1	-	-	-	-	2	1.4
127	E92	-	2	2	-	-	2	1.4
128	E93	1	-	-	-	-	2	1.4
129	E94	1	-	-	-	-	2	1.4
130	E95	1	-	-	-	-	2	1.4
131	E96	-	2	2	-	-	2	1.4
132	E97	1	-	-	-	-	2	1.4
133	E98	1	-	-	-	-	2	1.4
134	E99	1	-	-	-	-	2	1.4
135	E100	-	2	2	-	-	4	2.8
136	E101	-	2	2	-	-	2	1.4
137	E102	-	2	2	-	-	2	1.4
138	E103	-	2	2	-	-	2	1.4
139	E104	-	2	2	-	-	2	1.4
140	L1	1	-	-	-	-	2	1.4
141	L2	1	-	-	-	-	2	1.4
142	L3	-	2	2	-	-	2	1.4
143	L4	1	-	-	-	-	2	1.4
144	L5	1	-	-	-	-	2	1.4
145	L6	1	-	-	-	-	2	1.4
146	L7	-	2	2	-	-	2	1.4
147	L8	-	2	2	-	-	2	1.4
148	T36	1	-	-	-	-	2	1.4
149	T37	1	-	-	-	-	2	1.4
150	T38	1	-	-	-	-	2	1.4
151	L9	1	-	-	-	-	2	1.4
152	L10	-	2	2	-	-	2	1.4
153	L11	-	2	2	-	-	2	1.4
154	L12	1	-	-	-	-	2	1.4
155	L13	1	-	-	-	-	2	1.4
156	L14	-	2	2	-	-	4	2.8
157	L15	-	2	2	-	-	2	1.4
158	L16	-	2	2	-	-	2	1.4
159	L17	1	-	-	-	-	2	1.4
160	L18	-	2	2	-	-	2	1.4

161	L19	-	2	2	-	-	2	1.4
162	L20	-	2	2	-	-	2	1.4
163	L21	1	-	-	-	-	2	1.4
164	L22	1	-	-	-	-	2	1.4
165	L23	-	2	2	-	-	2	1.4
166	L24	-	2	2	-	-	2	1.4
167	L25	1	-	-	-	-	2	1.4
168	L26	-	2	2	-	-	2	1.4
169	L27	1	-	-	-	-	2	1.4
170	L28	1	-	-	-	-	2	1.4
171	L29	1	-	-	-	-	2	1.4
172	L30	1	-	-	-	-	2	1.4
173	L31	1	-	-	-	-	2	1.4
174	L32	-	2	2	-	-	2	1.4
175	L33	-	2	2	-	-	2	1.4
176	L34	1	-	-	-	-	2	1.4
177	L35	1	-	-	-	-	2	1.4
178	L36	1	-	-	-	-	2	1.4
179	L37	-	2	2	-	-	2	1.4
180	T39	-	2	2	-	-	2	1.4
181	T40	-	2	2	-	45	2	1.4
182	T41	-	1	1	-		2	1.4
183	T42	-	2	2	-	-	2	1.4
184	T43	1	-	-	-	-	2	1.4
185	T44	-	2	2	-	-	4	2.8
186	T45	-	2	2	-	-	2	1.4
187	T46	-	1	1	-	45	2	1.4
188	T47	-	2	2	-		2	1.4
189	T48	-	2	2	-	-	2	1.4
190	T49	-	2	2	-	-	2	1.4
191	T50	1	-	-	-	-	2	1.4
192	T51	1	-	-	-	-	2	1.4
193	T52	-	2	2	-	-	2	1.4
194	T53	-	2	2	-	-	2	1.4
195	T54	1	-	-	-	-	2	1.4
196	T55	1	-	-	-	-	2	1.4
197	T56	1	-	-	-	-	2	1.4
198	T57	-	2	2	-	-	2	1.4
199	T58	1	-	-	-	-	2	1.4
200	T59	1	-	-	-	-	2	1.4
201	T60	1	-	-	-	-	2	1.4

202	T61	1	-	-	-	-	2	1.4
203	T62	-	2	2	-	-	2	1.4
204	T63	-	2	2	-	-	2	1.4
205	T64	1	-	-	-	-	2	1.4
206	T65	-	2	2	-	-	2	1.4
207	T66	-	2	2	-	-	4	2.8
208	T67	1	-	-	-	-	2	1.4
209	T68	1	-	-	-	-	2	1.4
210	T69	-	2	2	-	-	4	2.8
211	T70	-	2	2	-	45	2	1.4
212	T71	-	1	1	-		2	1.4
213	T72	-	2	2	-	-	2	1.4
214	T73	1	-	-	-	-	2	1.4
215	T74	1	-	-	-	-	2	1.4
216	T75	1	-	-	-	-	2	1.4
217	T76	-	2	2	-	-	2	1.4
218	T77	1	-	-	-	-	2	1.4
219	T78	1	-	-	-	-	2	1.4
220	T79	-	1	1	-	-	2	1.4
	TOTAL	139	154	159	2	220	460	322

DONDE:

T: Poste de Telefónica del Perú.

L: Poste de Luz del Sur.

E: Poste de Edelnor.

FERRETERIA DE LA RUTA NODO B - NODO C

Tabla 5- Metraje, crucetas y mufas del cableado de ruta NODO B - NODO C

Nº	Cableado	Longitud (metros)	Poste (Cruceta)	Poste (Mufa)
1	Ingreso al Nodo B	50	-	-
2	Entre reservas	958	-	-
3	Reserva Nº 1	80	T26	-
4	Entre reserva y canalizado	601	-	-
5	Bajada de cable en el poste T42	10	-	-
6	Canalizado 2	10	-	-
7	Reserva en Camara Nº 2	50	-	-
8	Canalizado 3	50	-	-
9	Reserva en Camara Nº 3	50	-	-
10	Canalizado 4	10	-	-
11	Bajada de cable en el poste T43	10	-	-
12	Entre reserva y canalizado	310	-	-
13	Reserva Nº 2	80	T48	-
14	Entre reservas	958	-	-
15	Reserva Nº 3	80	T76	-
16	Entre reserva y fin de bobina	766	-	-
17	Fin de bobina(Empalme)	30	E8	E8
18	Inicio de bobina(Empalme)	30		
19	Entre reserva e inicio de bobina	192	-	-
20	Reserva Nº 4	80	E13	-
21	Entre reservas	958	-	-
22	Reserva Nº 5	80	E40	-
23	Entre reservas	958	-	-
24	Reserva Nº 6	80	E71	-
25	Entre reservas y Canalizado 5	613	-	-
26	Reserva para el Canalizado 5	80	E93	-
27	Bajada de cable en el poste E93	10	-	-
28	Subida de cable en el poste E94	10	-	-
29	Entre reservas y Canalizado 5	345	-	-
30	Reserva Nº 7	100	T92	-
31	Entre reserva y fin de bobina	534	-	-
32	Fin de bobina(Empalme)	30	T94	T94
33	Inicio de bobina(Empalme)	30		
34	Entre reserva e inicio de bobina	424	-	-
35	Reserva Nº 8	107	T105	-
36	Entre reservas	958	-	-

37	Reserva N° 9	80	T124	-
38	Entre reservas	958	-	-
39	Reserva N° 10	80	T145	-
40	Entre reserva y fin de bobina	1063	-	-
41	Ingreso al Nodo C	50	-	-
TOTAL		11953	13	2

DONDE:

T: Poste de Telefónica del Perú.

L: Poste de Luz del Sur.

E: Poste de Edelnor.

Tabla 6.- Cuadro de ferretería por poste que se usa en el cableado de ruta NODO B - NODO C

Nº	Poste	Suspensión (Chapa)	Tensión (Cleps)	Preformado	Brazo	Mensajero (m)	Hebillas 3/4	Cinta band it 3/4(m)
1	T1	-	1	1	-	-	2	1.4
2	T2	1	-	-	-	-	2	1.4
3	T3	1	-	-	-	-	2	1.4
4	T4	1	-	-	-	-	2	1.4
5	T5	1	-	-	-	-	2	1.4
6	T6	1	-	-	-	-	2	1.4
7	T7	1	-	-	-	-	2	1.4
8	T8	1	-	-	-	-	2	1.4
9	T9	1	-	-	-	-	2	1.4
10	T10	1	-	-	-	-	2	1.4
11	T11	1	-	-	-	-	2	1.4
12	T12	1	-	-	-	-	2	1.4
13	T13	1	-	-	-	-	2	1.4
14	T14	1	-	-	-	-	2	1.4
15	T15	1	-	-	-	-	2	1.4
16	T16	-	2	2	-	-	2	1.4
17	T17	1	-	-	-	-	2	1.4
18	T18	1	-	-	-	-	2	1.4
19	T19	1	-	-	-	-	2	1.4
20	T20	1	-	-	-	-	2	1.4
21	T21	1	-	-	-	-	2	1.4
22	T22	-	2	2	-	-	2	1.4
23	T23	1	-	-	-	-	2	1.4
24	T24	1	-	-	-	-	2	1.4
25	T25	1	-	-	-	-	2	1.4
26	T26	-	2	2	-	-	4	2.8
27	T27	1	-	-	-	-	2	1.4

28	T28	1	-	-	-	-	2	1.4
29	T29	1	-	-	-	-	2	1.4
30	T30	-	2	2	-	-	2	1.4
31	T31	-	2	2	-	-	2	1.4
32	T32	1	-	-	-	-	2	1.4
33	T33	1	-	-	-	-	2	1.4
34	T34	-	2	2	-	-	2	1.4
35	T35	-	1	1	-	45	2	1.4
36	T36	-	2	2	-		2	1.4
37	T37	1	-	-	-	-	2	1.4
38	T38	1	-	-	-	-	2	1.4
39	T39	1	-	-	-	-	2	1.4
40	T40	1	-	-	-	-	2	1.4
41	T41	1	-	-	-	-	2	1.4
42	T42	-	1	1	-	-	2	1.4
43	T43	-	1	1	-	-	2	1.4
44	T44	1	-	-	-	-	2	1.4
45	T45	1	-	-	-	-	2	1.4
46	T46	1	-	-	-	-	2	1.4
47	L1	1	-	-	-	-	2	1.4
48	L2	1	-	-	-	-	2	1.4
49	L3	-	2	2	-	33	2	1.4
50	L4	-	1	1	-		2	1.4
51	T47	-	1	1	-	50	2	1.4
52	T48	-	2	2	-		4	2.8
53	T49	1	-	-	-	-	2	1.4
54	T50	1	-	-	-	-	2	1.4
55	T51	-	2	2	-	-	2	1.4
56	T52	-	2	2	-	-	2	1.4
57	T53	1	-	-	-	-	2	1.4
58	T54	1	-	-	-	-	2	1.4
59	T55	1	-	-	-	-	2	1.4
60	T56	-	2	2	-	-	2	1.4
61	T57	1	-	-	-	-	2	1.4
62	T58	1	-	-	-	-	2	1.4
63	T59	1	-	-	-	-	2	1.4
64	T60	-	2	2	-	35	2	1.4
65	T61	-	1	1	-		2	1.4
66	T62	-	2	2	-	-	2	1.4
67	T63	1	-	-	-	-	2	1.4
68	T64	1	-	-	-	-	2	1.4

69	T65	-	2	2	-	-	2	1.4
70	L5	-	1	1	-	28	2	1.4
71	L6	-	2	2	-		2	1.4
72	E1	-	2	2	-	-	2	1.4
73	T66	-	2	2	-	-	2	1.4
74	T67	-	2	2	-	-	2	1.4
75	T68	1	-	-	-	-	2	1.4
76	T69	-	2	2	-	-	2	1.4
77	T70	1	-	-	-	-	2	1.4
78	T71	-	2	2	-	-	2	1.4
79	T72	1	-	-	-	-	2	1.4
80	T73	-	2	2	-	31	2	1.4
81	T74	-	1	1	-		2	1.4
82	T75	-	2	2	-	-	2	1.4
83	T76	-	2	2	-	-	4	2.8
84	T77	-	2	2	-	40	2	1.4
85	T78	-	1	1	-		2	1.4
86	T79	-	2	2	-	-	2	1.4
87	T80	1	-	-	-	-	2	1.4
88	T81	1	-	-	-	-	2	1.4
89	T82	-	2	2	-	-	2	1.4
90	T83	-	2	2	-	-	2	1.4
91	T84	1	-	-	-	-	2	1.4
92	T85	-	2	2	-	-	2	1.4
93	T86	-	2	2	-	-	2	1.4
94	L7	-	2	2	-	-	2	1.4
95	L8	1	-	-	-	-	2	1.4
96	L9	1	-	-	-	-	2	1.4
97	L10	1	-	-	-	-	2	1.4
98	L11	1	-	-	-	-	2	1.4
99	L12	1	-	-	-	-	2	1.4
100	E2	1	-	-	-	-	2	1.4
101	E3	1	-	-	-	-	2	1.4
102	E4	-	2	2	-	-	2	1.4
103	E5	-	2	2	-	-	2	1.4
104	E6	1	-	-	-	-	2	1.4
105	E7	1	-	-	-	-	2	1.4
106	E8	-	2	2	-	-	4	2.8
107	E9	1	-	-	-	-	2	1.4
108	E10	1	-	-	-	-	2	1.4
109	E11	1	-	-	-	-	2	1.4

110	E12	-	2	2	-	-	2	1.4
111	E13	-	2	2	-	-	4	2.8
112	E14	1	-	-	-	-	2	1.4
113	E15	1	-	-	-	-	2	1.4
114	E16	1	-	-	-	-	2	1.4
115	E17	1	-	-	-	-	2	1.4
116	E18	1	-	-	-	-	2	1.4
117	E19	1	-	-	-	-	2	1.4
118	E20	1	-	-	-	-	2	1.4
119	E21	1	-	-	-	-	2	1.4
120	E22	1	-	-	-	-	2	1.4
121	E23	-	2	2	-	-	2	1.4
122	E24	-	2	2	-	-	2	1.4
123	E25	1	-	-	-	-	2	1.4
124	E26	1	-	-	-	-	2	1.4
125	E27	1	-	-	-	-	2	1.4
126	E28	1	-	-	-	-	2	1.4
127	E29	1	-	-	-	-	2	1.4
128	E30	-	2	2	-	-	2	1.4
129	E31	1	-	-	-	-	2	1.4
130	E32	1	-	-	-	-	2	1.4
131	E33	-	2	2	-	-	2	1.4
132	E34	-	2	2	-	-	2	1.4
133	E35	1	-	-	-	-	2	1.4
134	E36	1	-	-	-	-	2	1.4
135	E37	1	-	-	-	-	2	1.4
136	E38	1	-	-	-	-	2	1.4
137	E39	1	-	-	-	-	2	1.4
138	E40	-	2	2	-	-	4	2.8
139	E41	-	2	2	-	-	2	1.4
140	E42	1	-	-	-	-	2	1.4
141	E43	1	-	-	-	-	2	1.4
142	E44	-	2	2	-	-	2	1.4
143	E45	-	2	2	-	-	2	1.4
144	E46	1	-	-	-	-	2	1.4
145	E47	1	-	-	-	-	2	1.4
146	E48	1	-	-	-	-	2	1.4
147	E49	1	-	-	-	-	2	1.4
148	E50	1	-	-	-	-	2	1.4
149	E51	1	-	-	-	-	2	1.4
150	E52	-	2	2	-	-	2	1.4

151	E53	1	-	-	-	-	2	1.4
152	E54	-	2	2	-	-	2	1.4
153	E55	-	2	2	-	-	2	1.4
154	E56	-	2	2	-	-	2	1.4
155	E57	1	-	-	-	-	2	1.4
156	E58	1	-	-	-	-	2	1.4
157	E59	1	-	-	-	-	2	1.4
158	E60	1	-	-	-	-	2	1.4
159	E61	-	2	2	-	-	2	1.4
160	E62	-	2	2	-	-	2	1.4
161	E63	1	-	2	1	-	2	1.4
162	E64	1	-	-	-	-	2	1.4
163	E65	1	-	-	-	-	2	1.4
164	E66	1	-	-	-	-	2	1.4
165	E67	1	-	-	-	-	2	1.4
166	E68	-	2	2	-	-	2	1.4
167	E69	-	2	2	-	-	2	1.4
168	E70	1	-	-	-	-	2	1.4
169	E71	-	2	2	-	-	4	2.8
170	E72	1	-	-	-	-	2	1.4
171	E73	-	2	2	-	-	2	1.4
172	E74	1	-	-	-	-	2	1.4
173	E75	1	-	-	-	-	2	1.4
174	E76	1	-	-	-	-	2	1.4
175	E77	1	-	-	-	-	2	1.4
176	E78	1	-	-	-	-	2	1.4
177	E79	-	2	2	-	-	2	1.4
178	E80	1	-	-	-	-	2	1.4
179	E81	1	-	-	-	-	2	1.4
180	E82	1	-	-	-	-	2	1.4
181	E83	1	-	-	-	-	2	1.4
182	E84	1	-	-	-	-	2	1.4
183	E85	1	-	-	-	-	2	1.4
184	E86	-	2	2	-	-	2	1.4
185	E87	-	2	2	-	-	2	1.4
186	E88	1	-	-	-	-	2	1.4
187	E89	1	-	-	-	-	2	1.4
188	E90	1	-	-	-	-	2	1.4
189	E91	-	2	2	-	-	2	1.4
190	E92	-	2	2	-	-	2	1.4
191	E93	-	1	1	-	-	4	2.8

192	E94	-	1	1	-	-	2	1.4
193	E95	1	-	-	-	-	2	1.4
194	T87	1	-	-	-	-	2	1.4
195	T88	1	-	-	-	-	2	1.4
196	T89	1	-	-	-	-	2	1.4
197	T90	1	-	-	-	-	2	1.4
198	T91	1	-	-	-	-	2	1.4
199	T92	-	2	2	-	51	4	2.8
200	E96	-	1	1	-		2	1.4
201	E97	-	2	2	-		2	1.4
202	E98	1	-	-	-	-	2	1.4
203	E99	-	2	2	-	-	2	1.4
204	E100	-	1	1	-	36	2	1.4
205	E101	-	2	2	-		2	1.4
206	E102	1	-	-	-	-	2	1.4
207	E103	1	-	-	-	-	2	1.4
208	E104	1	-	-	-	-	2	1.4
209	E105	1	-	-	-	-	2	1.4
210	E106	1	-	-	-	-	2	1.4
211	E107	1	-	-	-	-	2	1.4
212	E108	1	-	-	-	-	2	1.4
213	E109	1	-	-	-	-	2	1.4
214	E110	1	-	-	-	-	2	1.4
215	E111	1	-	-	-	-	2	1.4
216	E112	-	2	2	-	-	2	1.4
217	E113	-	1	1	-	17	2	1.4
218	E114	-	2	2	-		2	1.4
219	T93	-	1	1	-	50	2	1.4
220	T94	-	2	2	-		4	2.8
221	T95	1	-	-	-	-	2	1.4
222	T96	1	-	-	-	-	2	1.4
223	T97	1	-	-	-	-	2	1.4
224	T98	-	2	2	-	-	2	1.4
225	T99	-	2	2	-	-	2	1.4
226	T100	1	-	-	-	-	2	1.4
227	T101	1	-	-	-	-	2	1.4
228	T102	-	2	2	-	-	2	1.4
229	T103	1	-	-	-	-	2	1.4
230	T104	1	-	-	-	-	2	1.4
231	T105	-	2	2	-	-	4	2.8
232	T106	1	-	-	-	-	2	1.4

233	T107	1	-	-	-	-	2	1.4
234	T108	1	-	2	1	-	2	1.4
235	T109	1	-	2	1	-	2	1.4
236	T110	-	2	2	-	-	2	1.4
237	T111	1	-	-	-	-	2	1.4
238	T112	1	-	-	-	-	2	1.4
239	T113	1	-	-	-	-	2	1.4
240	T114	-	2	2	-	-	2	1.4
241	T115	-	2	2	-	-	2	1.4
242	T116	1	-	-	-	-	2	1.4
243	T117	1	-	-	-	-	2	1.4
244	T118	1	-	-	-	-	2	1.4
245	T119	-	2	2	-	-	2	1.4
246	T120	-	2	2	-	-	2	1.4
247	T121	1	-	-	-	-	2	1.4
248	T122	1	-	-	-	-	2	1.4
249	T123	1	-	-	-	-	2	1.4
250	T124	-	2	2	-	-	4	2.8
251	T125	-	2	2	-	-	2	1.4
252	T126	1	-	-	-	-	2	1.4
253	T127	1	-	-	-	-	2	1.4
254	T128	1	-	-	-	-	2	1.4
255	T129	1	-	-	-	-	2	1.4
256	T130	1	-	-	-	-	2	1.4
257	T131	-	2	2	-	-	2	1.4
258	T132	1	-	-	-	-	2	1.4
259	T133	1	-	-	-	-	2	1.4
260	T134	1	-	-	-	-	2	1.4
261	T135	1	-	-	-	-	2	1.4
262	T136	1	-	-	-	-	2	1.4
263	T137	1	-	-	-	-	2	1.4
264	T138	1	-	-	-	-	2	1.4
265	T139	1	-	-	-	-	2	1.4
266	T140	1	-	-	-	-	2	1.4
267	T141	-	2	2	-	-	2	1.4
268	T142	-	1	1	-	43	2	1.4
269	T143	-	2	2	-		2	1.4
270	T144	-	2	2	-	-	2	1.4
271	T145	-	2	2	1	-	4	2.8
272	T146	-	2	2	-	-	2	1.4
273	T147	1	-	-	-	-	2	1.4

274	T148	-	2	2	-	-	2	1.4
275	T149	-	2	2	-	-	2	1.4
276	L13	-	2	2	-	-	2	1.4
277	L14	1	-	-	-	-	2	1.4
278	L15	1	-	-	-	-	2	1.4
279	L16	1	-	-	-	-	2	1.4
280	L17	1	-	-	-	-	2	1.4
281	L18	1	-	-	-	-	2	1.4
282	L19	-	2	2	-	-	2	1.4
283	L20	1	-	-	-	-	2	1.4
284	L21	1	-	-	-	-	2	1.4
285	L22	1	-	-	-	-	2	1.4
286	L23	1	-	-	-	-	2	1.4
287	L24	1	-	-	-	-	2	1.4
288	L25	-	2	2	-	-	2	1.4
289	L26	1	-	-	-	-	2	1.4
290	L27	1	-	-	-	-	2	1.4
291	L28	1	-	-	-	-	2	1.4
292	L29	-	2	2	-	-	2	1.4
293	L30	1	-	-	-	-	2	1.4
294	L31	1	-	-	-	-	2	1.4
295	L32	1	-	-	-	-	2	1.4
296	L33	1	-	-	-	-	2	1.4
297	L34	-	2	2	-	-	2	1.4
298	L35	-	2	2	-	-	2	1.4
299	L36	1	-	-	-	-	2	1.4
300	L37	1	-	-	-	-	2	1.4
301	L38	-	1	1	-	-	2	1.4
TOTAL		191	202	208	4	459	628	439.6

DONDE:

T: Poste de Telefónica del Perú.

L: Poste de Luz del Sur.

E: Poste de Edelnor.

FERRETERIA DE LA RUTA NODO C - NODO CENTRAL

Tabla 7- Metraje, crucetas y mufas del cableado de ruta NODO C - NODO CENTRAL

Nº	Cableado	Longitud (metros)	Poste (Cruceta)	Poste (Mufa)
1	Ingreso al Nodo C	50	-	-
2	Entre reservas	959	-	-
3	Reserva Nº 1	80	L212	-
4	Entre reservas	959	-	-
5	Reserva Nº 2	80	L183	-
6	Entre reserva y canalizado 14	923	-	-
7	Bajada de cable en el poste L158	10	-	-
8	Canalizado 14	36	-	-
9	Subida de cable en el poste L157	10	-	-
10	Reserva en Camara Nº 3	50	-	-
11	Primera Reserva Nº 3	50	L157	-
12	Entre reserva y canalizado 13	188	-	-
13	Bajada de cable en el poste L152	10	-	-
14	Canalizado 13	60	-	-
15	Subida de cable en el poste L151	10	-	-
16	Segunda Reserva Nº 3	50	L151	-
17	Entre reserva y fin de bobina	450	-	-
18	Fin de bobina(Empalme)	30	T88	T88
19	Inicio de bobina(Empalme)	30		
20	Entre reserva e inicio de bobina	550	-	-
21	Reserva Nº 4	100	L138	-
22	Bajada de cable en el poste L138	10	-	-
23	Canalizado 12	90	-	-
24	Subida de cable en el poste L137	10	-	-
25	Entre reserva y canalizado 12	959	-	-
26	Reserva Nº 5	80	L113	-
27	Entre reservas	959	-	-
28	Reserva Nº 6	80	L96	-
29	Entre reservas	770	-	-
30	Primera Reserva Nº 7	40	L79	-
31	Bajada de cable en el poste L79	10	-	-
32	Canalizado 11	31	-	-
33	Subida de cable en el poste L78	10	-	-
34	Entre canalizados	105	-	-
35	Bajada de cable en el poste L75	10	-	-
36	Canalizado 10	40	-	-

37	Subida de cable en el poste L74	10	-	-
38	Segunda Reserva N° 7	40	L74	-
39	Entre reserva y fin de bobina	45	-	-
40	Fin de bobina(Empalme)	30	L73	L73
41	Inicio de bobina(Empalme)	30		
42	Entre reserva y canalizado 9	736	-	-
43	Reserva N° 8	100	L54	
44	Bajada de cable en el poste L54	10	-	-
45	Canalizado 9	97	-	-
46	Subida de cable en el poste L53	10	-	-
47	Entre reserva y canalizado 9	760		-
48	Reserva N° 9	80	T52	-
49	Entre reserva y canalizado 8	730	-	-
50	Bajada de cable en el poste L25	10	-	-
51	Canalizado 8	9	-	-
52	Reserva N° 10 en Camara N° 5	40	-	-
53	Canalizado 7	58	-	-
54	Reserva N° 10 en Camara N° 4	40	-	-
55	Canalizado 6	4	-	-
56	Subida de cable en el poste L24	10	-	-
57	Entre reserva y canalizado 6	959	-	-
58	Reserva N° 11	80	T29	
59	Entre reserva y fin de bobina	324	-	-
60	Fin de bobina(Empalme)	30	T22	T22
61	Inicio de bobina(Empalme)	30		
62	Entre reserva e inicio de bobina	776	-	-
63	Reserva N° 12	80	T3	-
64	Entre reserva y canalizado 1	424	-	-
65	Bajada de cable en el poste T1	10	-	-
66	Canalizado 1	22		
67	Ingreso al Nodo Central	50	-	-
TOTAL		13523	17	3

DONDE:

T: Poste de Telefónica del Perú.

L: Poste de Luz del Sur.

E: Poste de Edelnor.

Tabla 8.- Cuadro de ferreteria por poste que se usa en el cableado de ruta NODO C - NODO CENTRAL

Nº	Poste	Suspensión (Chapa)	Tensión (Cleps)	Preformado	Brazo	Mensajero (m)	Hebillas 3/4	Cinta band it 3/4(m)
1	T1	-	-	1	-	-	-	-
2	L1	-	-	2	-	-	-	-
3	L2	1	-	-	-	-	2	1.4
4	L3	1	-	-	-	-	2	1.4
5	L4	1	-	-	-	-	2	1.4
6	L5	1	-	-	-	-	2	1.4
7	L6	1	-	-	-	-	2	1.4
8	L7	1	-	-	-	-	2	1.4
9	L8	-	-	2	-	-	-	-
10	L9	-	-	2	-	-	-	-
11	L10	1	-	-	-	-	2	1.4
12	L11	-	-	2	-	-	-	-
13	L12	-	-	2	-	-	-	-
14	T2	-	-	2	-	-	-	-
15	T3	-	-	2	-	-	2	1.4
16	T4	1	-	-	-	-	2	1.4
17	T5	1	-	-	-	-	2	1.4
18	T6	-	2	2	-	-	2	1.4
19	T7	-	2	2	-	-	2	1.4
20	T8	-	2	2	-	39	2	1.4
21	T9	-	1	1	-		2	1.4
22	T10	-	2	2	-	-	2	1.4
23	T11	1	-	-	-	-	2	1.4
24	T12	1	-	-	-	-	2	1.4
25	T13	1	-	-	-	-	2	1.4
26	T14	-	2	2	-	-	2	1.4
27	T15	1	-	-	-	-	2	1.4
28	T16	-	2	2	-	-	2	1.4
29	T17	1	-	-	-	-	2	1.4
30	T18	1	-	-	-	-	2	1.4
31	T19	1	-	-	-	-	2	1.4
32	T20	1	-	-	-	-	2	1.4
33	T21	1	-	-	-	-	2	1.4
34	T22	-	2	2	-	-	4	2.8
35	T23	1	-	-	-	-	2	1.4
36	T24	-	2	2	-	-	2	1.4
37	T25	-	2	2	-	-	2	1.4

38	T26	1	-	-	-	-	2	1.4
39	T27	1	-	-	-	-	2	1.4
40	T28	1	-	-	-	-	2	1.4
41	T29	-	2	2	-	-	4	2.8
42	T30	1	-	-	-	-	2	1.4
43	T31	1	-	-	-	-	2	1.4
44	T32	1	-	-	-	-	2	1.4
45	T33	1	-	-	-	-	2	1.4
46	T34	-	2	2	-	-	2	1.4
47	T35	1	-	-	-	-	2	1.4
48	T36	1	-	-	-	-	2	1.4
49	T37	1	-	-	-	-	2	1.4
50	T38	1	-	-	-	-	2	1.4
51	T39	-	2	2	-	65	2	1.4
52	T40	-	1	1	-		2	1.4
53	L13	-	2	2	-	-	2	1.4
54	L14	-	2	2	-	-	2	1.4
55	T41	-	1	1	-	53	2	1.4
56	T42	-	2	2	-		2	1.4
57	T43	1	-	-	-	-	2	1.4
58	T44	-	2	2	-	-	2	1.4
59	L15	-	1	1	-	39	2	1.4
60	L16	-	2	2	-		2	1.4
61	L17	1	-	-	-	-	2	1.4
62	L18	1	-	-	-	-	2	1.4
63	L19	1	-	-	-	-	2	1.4
64	L20	-	2	2	-	-	2	1.4
65	L21	1	-	-	-	-	2	1.4
66	L22	1	-	-	-	-	2	1.4
67	L23	1	-	-	-	-	2	1.4
68	L24	-	1	1	-	-	2	1.4
69	L25	-	1	1	-	-	2	1.4
70	L26	1	-	-	-	-	2	1.4
71	L27	1	-	-	-	-	2	1.4
72	L28	1	-	-	-	-	2	1.4
73	L29	1	-	-	-	-	2	1.4
74	L30	1	-	-	-	-	2	1.4
75	T45	-	2	2	-	-	2	1.4
76	T46	-	2	2	-	-	2	1.4
77	T47	1	-	-	-	-	2	1.4
78	T48	1	-	-	-	-	2	1.4

79	T49	-	2	2	-	-	2	1.4
80	T50	-	2	2	-	-	2	1.4
81	L31	-	2	2	-	-	2	1.4
82	L32	1	-	-	-	-	2	1.4
83	L33	1	-	-	-	-	2	1.4
84	L34	1	-	-	-	-	2	1.4
85	L35	1	-	-	-	-	2	1.4
86	L36	-	2	2	-	-	2	1.4
87	L37	1	-	-	-	-	2	1.4
88	L38	1	-	-	-	-	2	1.4
89	L39	1	-	-	-	-	2	1.4
90	L40	1	-	-	-	-	2	1.4
91	L41	1	-	-	-	-	2	1.4
92	L42	-	2	2	-	-	2	1.4
93	T51	-	1	1	-	57	2	1.4
94	T52	-	2	2	-		4	2.8
95	T53	1	-	-	-	-	2	1.4
96	T54	1	-	-	-	-	2	1.4
97	T55	1	-	-	-	-	2	1.4
98	T56	1	-	-	-	-	2	1.4
99	T57	1	-	-	-	-	2	1.4
100	T58	1	-	-	-	-	2	1.4
101	T59	-	2	2	-	-	2	1.4
102	T60	-	1	1	-	41	2	1.4
103	T61	-	2	2	-		2	1.4
104	L43	-	2	2	-	-	2	1.4
105	L44	-	2	2	-	-	2	1.4
106	L45	1	-	-	-	-	2	1.4
107	L46	1	-	-	-	-	2	1.4
108	L47	1	-	-	-	-	2	1.4
109	L48	1	-	-	-	-	2	1.4
110	L49	-	2	2	-	-	2	1.4
111	L50	1	-	-	-	-	2	1.4
112	L51	1	-	-	-	-	2	1.4
113	L52	1	-	-	-	-	2	1.4
114	L53	-	1	1	-	-	2	1.4
115	L54	-	1	1	-	-	4	2.8
116	L55	1	-	-	-	-	2	1.4
117	L56	1	-	-	-	-	2	1.4
118	L57	1	-	-	-	-	2	1.4
119	L58	1	-	-	-	-	2	1.4

120	L59	-	2	2	-	-	2	1.4
121	L60	1	-	-	-	-	2	1.4
122	L61	1	-	-	-	-	2	1.4
123	L62	1	-	-	-	-	2	1.4
124	L63	-	2	2	-	-	2	1.4
125	L64	1	-	-	-	-	2	1.4
126	L65	1	-	-	-	-	2	1.4
127	L66	1	-	-	-	-	2	1.4
128	L67	1	-	-	-	-	2	1.4
129	L68	-	2	2	-	-	2	1.4
130	L69	1	-	-	-	-	2	1.4
131	L70	1	-	-	-	-	2	1.4
132	L71	1	-	-	-	-	2	1.4
133	L72	1	-	-	-	-	2	1.4
134	L73	-	2	2	-	-	4	2.8
135	L74	-	1	1	-	-	4	2.8
136	L75	-	1	1	-	-	2	1.4
137	L76	1	-	-	-	-	2	1.4
138	L77	1	-	-	-	-	2	1.4
139	L78	-	1	1	-	-	2	1.4
140	L79	-	1	1	-	-	4	2.8
141	L80	1	-	-	-	-	2	1.4
142	L81	1	-	-	-	-	2	1.4
143	L82	1	-	-	-	-	2	1.4
144	L83	1	-	-	-	-	2	1.4
145	L84	-	2	2	-	-	2	1.4
146	L85	1	-	-	-	-	2	1.4
147	L86	1	-	-	-	-	2	1.4
148	L87	1	-	-	-	-	2	1.4
149	L88	1	-	-	-	-	2	1.4
150	L89	-	2	2	-	-	2	1.4
151	T62	-	2	2	-	-	2	1.4
152	T63	1	-	-	-	-	2	1.4
153	T64	1	-	-	-	-	2	1.4
154	T65	1	-	-	-	-	2	1.4
155	T66	1	-	-	-	-	2	1.4
156	T67	1	-	-	-	-	2	1.4
157	L90	-	2	2	-	-	2	1.4
158	L91	1	-	-	-	-	2	1.4
159	L92	1	-	-	-	-	2	1.4
160	L93	1	-	-	-	-	2	1.4

161	L94	1	-	-	-	-	2	1.4
162	L95	1	-	-	-	-	2	1.4
163	L96	-	2	2	-	-	4	2.8
164	L97	1	-	-	-	-	2	1.4
165	L98	1	-	-	-	-	2	1.4
166	L99	1	-	-	-	-	2	1.4
167	L100	1	-	-	-	-	2	1.4
168	L101	-	2	2	-	-	2	1.4
169	L102	1	-	-	-	-	2	1.4
170	L103	1	-	-	-	-	2	1.4
171	L104	-	2	2	-	-	2	1.4
172	L105	1	-	-	-	-	2	1.4
173	L106	-	2	2	-	-	2	1.4
174	T68	1	-	-	-	-	2	1.4
175	T69	1	-	-	-	-	2	1.4
176	T70	1	-	-	-	-	2	1.4
177	T71	1	-	-	-	-	2	1.4
178	T72	1	-	-	-	-	2	1.4
179	T73	-	2	2	-	-	2	1.4
180	T74	1	-	-	-	-	2	1.4
181	T75	1	-	-	-	-	2	1.4
182	T76	1	-	-	-	-	2	1.4
183	T77	1	-	-	-	-	2	1.4
184	T78	1	-	-	-	-	2	1.4
185	T79	-	2	2	-	-	2	1.4
186	T80	1	-	-	-	-	2	1.4
187	T81	1	-	-	-	-	2	1.4
188	L107	-	2	2	-	-	2	1.4
189	L108	1	-	-	-	-	2	1.4
190	L109	-	2	2	-	-	2	1.4
191	L110	1	-	-	-	-	2	1.4
192	L111	1	-	-	-	-	2	1.4
193	L112	1	-	-	-	-	2	1.4
194	L113	-	2	2	-	-	4	2.8
195	L114	1	-	-	-	-	2	1.4
196	L115	1	-	-	-	-	2	1.4
197	L116	1	-	-	-	-	2	1.4
198	L117	1	-	-	-	-	2	1.4
199	L118	1	-	-	-	-	2	1.4
200	L119	1	-	-	-	-	2	1.4
201	L120	-	2	2	-	-	2	1.4

202	L121	-	2	2	-	-	2	1.4
203	L122	1	-	-	-	-	2	1.4
204	L123	1	-	-	-	-	2	1.4
205	L124	1	-	-	-	-	2	1.4
206	L125	1	-	-	-	-	2	1.4
207	L126	1	-	-	-	-	2	1.4
208	L127	-	2	2	-	-	2	1.4
209	L128	-	2	2	-	-	2	1.4
210	L129	-	2	2	-	-	2	1.4
211	L130	1	-	-	-	-	2	1.4
212	L131	1	-	-	-	-	2	1.4
213	L132	-	2	2	-	-	2	1.4
214	L133	1	-	-	-	-	2	1.4
215	L134	1	-	-	-	-	2	1.4
216	L135	1	-	-	-	-	2	1.4
217	L136	1	-	-	-	-	2	1.4
218	L137	-	1	1	-	-	2	1.4
219	L138	-	1	1	-	-	4	2.8
220	L139	1	-	-	-	-	2	1.4
221	L140	1	-	-	-	-	2	1.4
222	L141	1	-	-	-	-	2	1.4
223	L142	1	-	-	-	-	2	1.4
224	L143	-	2	2	-	-	2	1.4
225	L144	1	-	-	-	-	2	1.4
226	L145	1	-	-	-	-	2	1.4
227	L146	1	-	-	-	-	2	1.4
228	T82	-	2	2	-	-	2	1.4
229	T83	-	-	2	1	-	-	-
230	T84	1	-	-	-	-	2	1.4
231	T85	1	-	-	-	-	2	1.4
232	T86	1	-	-	-	-	2	1.4
233	T87	1	-	-	-	-	2	1.4
234	T88	-	2	2	-	-	4	2.8
235	T89	-	2	2	-	-	2	1.4
236	T90	1	-	-	-	-	2	1.4
237	T91	1	-	-	-	-	2	1.4
238	T92	1	-	-	-	-	2	1.4
239	T93	-	2	2	-	-	2	1.4
240	L147	-	2	2	-	-	2	1.4
241	L148	1	-	-	-	-	2	1.4
242	L149	1	-	-	-	-	2	1.4

243	L150	1	-	-	-	-	2	1.4
244	L151	-	1	1	-	-	4	2.8
245	L152	-	1	1	-	-	2	1.4
246	L153	1	-	-	-	-	2	1.4
247	L154	1	-	-	-	-	2	1.4
248	L155	1	-	-	-	-	2	1.4
249	L156	1	-	-	-	-	2	1.4
250	L157	-	1	1	-	-	4	2.8
251	L158	-	1	1	-	-	2	1.4
252	L159	1	-	-	-	-	2	1.4
253	L160	1	-	-	-	-	2	1.4
254	L161	1	-	-	-	-	2	1.4
255	L162	1	-	-	-	-	2	1.4
256	L163	-	2	2	-	-	2	1.4
257	L164	1	-	-	-	-	2	1.4
258	L165	1	-	-	-	-	2	1.4
259	L166	1	-	-	-	-	2	1.4
260	L167	1	-	-	-	-	2	1.4
261	L168	-	2	2	-	-	2	1.4
262	L169	1	-	-	-	-	2	1.4
263	L170	1	-	-	-	-	2	1.4
264	L171	1	-	-	-	-	2	1.4
265	L172	1	-	-	-	-	2	1.4
266	L173	-	2	2	-	-	2	1.4
267	L174	1	-	-	-	-	2	1.4
268	L175	1	-	-	-	-	2	1.4
269	L176	1	-	-	-	-	2	1.4
270	L177	1	-	-	-	-	2	1.4
271	L178	-	2	2	-	-	2	1.4
272	L179	-	2	2	-	-	2	1.4
273	L180	1	-	-	-	-	2	1.4
274	L181	1	-	-	-	-	2	1.4
275	L182	1	-	-	-	-	2	1.4
276	L183	-	2	2	-	-	4	2.8
277	L184	1	-	-	-	-	2	1.4
278	L185	1	-	-	-	-	2	1.4
279	L186	1	-	-	-	-	2	1.4
280	L187	1	-	-	-	-	2	1.4
281	L188	-	2	2	-	-	2	1.4
282	L189	-	2	2	-	-	2	1.4
283	L190	-	2	2	-	-	2	1.4

284	L191	1	-	-	-	-	2	1.4
285	L192	1	-	-	-	-	2	1.4
286	L193	1	-	-	-	-	2	1.4
287	L194	1	-	-	-	-	2	1.4
288	L195	1	-	-	-	-	2	1.4
289	L196	1	-	-	-	-	2	1.4
290	L197	1	-	-	-	-	2	1.4
291	L198	-	2	2	-	-	2	1.4
292	L199	1	-	-	-	-	2	1.4
293	L200	1	-	-	-	-	2	1.4
294	L201	1	-	-	-	-	2	1.4
295	L202	1	-	-	-	-	2	1.4
296	L203	-	2	2	-	-	2	1.4
297	L204	-	2	2	-	-	2	1.4
298	L205	1	-	-	-	-	2	1.4
299	L206	1	-	-	-	-	2	1.4
300	L207	1	-	-	-	-	2	1.4
301	L208	-	2	2	-	-	2	1.4
302	L209	1	-	-	-	-	2	1.4
303	L210	1	-	-	-	-	2	1.4
304	L211	1	-	-	-	-	2	1.4
305	L212	-	2	2	-	31	4	2.8
306	L213	-	1	1	-		2	1.4
307	T94	-	2	2	-	-	2	1.4
308	T95	1	-	-	-	-	2	1.4
309	T96	1	-	-	-	-	2	1.4
310	T97	1	-	-	-	-	2	1.4
311	T98	1	-	-	-	-	2	1.4
312	T99	1	-	-	-	-	2	1.4
313	T100	-	2	2	-	-	2	1.4
314	T101	1	-	-	-	-	2	1.4
315	T102	1	-	-	-	-	2	1.4
316	T103	1	-	-	-	-	2	1.4
317	T104	1	-	-	-	-	2	1.4
318	T105	1	-	-	-	-	2	1.4
319	T106	-	2	2	-	53	2	1.4
320	T107	-	1	1	-		2	1.4
321	T108	-	2	2	-	-	2	1.4
322	T109	-	2	2	-	-	2	1.4
323	L214	-	-	1	-	53	-	-
324	L215	-	2	2	-		2	1.4

325	L216	1	-	-	-	-	2	1.4
326	L217	1	-	-	-	-	2	1.4
327	L218	1	-	-	-	-	2	1.4
328	L219	-	-	2	-	-	-	-
329	L220	-	-	2	-	-	-	-
330	L221	1	-	-	-	-	2	1.4
331	L222	1	-	-	-	-	2	1.4
332	L223	-	-	1	-	-	-	-
	TOTAL	217	182	205	1	431	670	469

DONDE:

T: Poste de Telefónica del Perú.

L: Poste de Luz del Sur.

E: Poste de Edelnor.

BIBLIOGRAFIA

- [1]Anonimo. (19 de Octubre de 2008). Scribd. Obtenido de TECNICAS AÉREAS PARA LA INSTALACIÓN DE CABLES DE FIBRA OPTICA:
<http://es.scribd.com/doc/7360498/044-Instalacion-de-Cable-de-Fibra-optica-aerea>
- [2]Antel. (2008). INSTALACION DE LINEAS DE ACOMETIDA. Montevideo.
- [3]Azurza Neyra, W. (16 de Noviembre de 2011). Slideshare. Obtenido de
<http://www.slideshare.net/wazurza/resumen-de-las-rec-uit-t-g65-x>
- [4]Band It. (2008). Band It. Obtenido de http://www.band-it-idex.com/en/Literature/Brochures/2008_B-80_CATALOG%20Revised%202-16-12%20B.pdf
- [5]Belleza Zamora, E. (2008). MATERIALES DE CONSTRUCCION DE RETENIDAS. Lima.
- [6]Belleza, E. (2008). CAPITULO 1: INTRODUCCION. En Fibras Ópticas. Lima.
- [7]Belleza, E. (2008). CAPITULO 2: TEORÍA DE LA TRANSMISIÓN ÓPTICA. En Fibras Ópticas. Lima.
- [8]Belleza, E. (01 de Junio de 2008). CAPITULO 3: CARACTERISTICAS DE TRANSMISION DE LA FIBRA OPTICA. En Fibras Ópticas (pág. 8). LIMA. Obtenido de <http://www.telecentros.pe/>
http://www.telecentros.pe/img_upload/3ebf28670cc26d6c98d026abe0126c40/DIA_POSITIVAS_COMUNICACIONES_OPTICAS_JUNIO_2008.pdf
- [9]Bermúdez Orozco, H. F., & Jiménez Trujillo, W. D. (2008). Multiplexación por división de longitud de Onda - WDM Una nueva alternativa para comunicaciones ópticas. Armenia.
- [10]Breidenbach, K. (1997). Experimentos básicos de comunicaciones ópticas. En K. Breidenbach, Experimentos básicos de comunicaciones ópticas (pág. 7). Hurth: Leybold didactic GmbH.
- [11]CODENSA S.A. (2011). CODENSA LIKINORMAS. Obtenido de http://likinormas.micodensa.com/Especificacion/cables/et102_cable_acero_galvanizado#heading_5
- [12]Comisión Federal de Electricidad. (20 de Octubre de 2010). Comisión Federal de Electricidad. Obtenido de <http://www.cfe.gob.mx/Industria/InformacionCliente/Lists/Normas%20de%20Distribucion/Attachments/6/Retenidas.pdf>

- [12]Comisión Federal de Electricidad. (20 de Octubre de 2010). Comisión Federal de Electricidad. Obtenido de <http://www.cfe.gob.mx/Industria/InformacionCliente/Lists/Normas%20de%20Distribucion/Attachments/6/Retenidas.pdf>
- [13]Conectrónica. (2009). Conectrónica. Obtenido de <http://www.conectronica.com/Cajas-de-/-para-Distribuci%C3%B3n-de-fibra-optica/Caja-mural-estanca-de-exterior-para-96-empalmes.html>
- [14]Construcción Civil. (2012). Salarios y Precios por mano de obra. Lima.
- [15]Córdoba, M. (2003). Procesos de fabricación de fibras ópticas. Investigación, Belgrano.
- [16]Corporación Aceros arequipa S.A. (2013). Corporación Aceros arequipa S.A. Obtenido de <http://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-maestro-de-obra/4-seguridad-e-higiene-en-obra/44-equipos-de-proteccion-personal-epp.html>
- [17]ECI. (2010). XDM System Specifications.
- [18]Electro Castillo S.R.L. (2013). Electro Castillo S.R.L. Obtenido de <http://www.electrocastillo.com>
- [19]ENSA. (Agosto de 2011). Obtenido de <http://www.ensa.com.pa/pdfs/NormasCriterio/NO.CCOM.06.%20Uso%20e%20Instalacion%20de%20Retenidas%20VER01.pdf>
- [20]Fernández De Jáuregui Ruiz, I. (2012). CAPÍTULO3:Consideraciones de diseño para enlaces WDM. En I. Fernández De Jáuregui Ruiz, Estudio de sistemas ópticos WDM para su implantación en redes de alta velocidad. Mexico.
- [21]Gerencia de Desarrollo Urbano de Lima. (2013). Tramite y Servicios. Obtenido de <http://www.munlima.gob.pe/>
- [22]Gerencia de Transporte Urbano. (2009). Texto Único de Procedimientos Administrativos - TUPA. Lima.
- [23]Gonzalez Herráez, M. (2004). Desarrollo de tecnicas para la medida de la distribucion longitudinal de dispersión cromática. Madrid.
- [24]Grupo AGRA Proveedores Industriales. (2013). Grupo AGRA Proveedores Industriales. Obtenido de <http://www.grupoagra.com>
- [25]GRUPO GALING. (2013). Implementación, Instalaciones y Mantenimiento de Redes para Telecomunicaciones. Lima.
- [26]JyM Materiales S.R.L. (2013). JyM Materiales S.R.L. Obtenido de <http://www.jymmateriales.com>
- [27]Luz del Sur. (1999). Procedimiento y Normas de instalación de cables de comunicación en poste de A.P y S.P. Lima.

- [28]Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2011). PROYECTO DE ACTUALIZACIÓN:EC.040 REDES E INSTALACIONES DE COMUNICACIONES. Lima.
- [29]Municipalidad de Ate Vitarte. (2013). Texto Único de Procedimientos Administrativos - TUPA. Lima.
- [30]Municipalidad de El Agustino. (2013). Texto Único de Procedimientos Administrativos - TUPA. Lima.
- [31]Municipalidad de La Victoria. (2011). Texto Único de Procedimientos Administrativos - TUPA. Lima.
- [32]Municipalidad de Lince. (2013). Texto Único de Procedimientos Administrativos - TUPA. Lima.
- [33]Municipalidad de San Isidro. (2013). Texto Único de Procedimientos Administrativos - TUPA. Lima.
- [34]Municipalidad de San Luis. (2013). Texto Único de Procedimientos Administrativos - TUPA. Lima.
- [35]Municipalidad de Santa Anita. (2013). Texto Único de Procedimientos Administrativos - TUPA. Lima.
- [36]PLP Argentina. (2013). PLP Argentina. Obtenido de <http://www.plp.com.br/ar/distribucion-catalogo/item/125-retenci%C3%B3n-preformada-de-servicio-sg>
- [37]Sanchis Kilders , E. (2008). Propagación de la luz en guías de onda. En E. Sanchis Kilders, Apuntes de Componentes Electrónicos y Fotónicos (págs. 19-21).
- [38]Schnitzler, S. (23 de Noviembre de 2013). YIO Multimedia. Obtenido de <http://www.yio.com.ar/fo/ventanas.html>
- [39]Sendra Sendra, J. (1999). Capítulo 1:Transmisión por guía de ondas. En J. R. Sendra Sendra, Apuntes de Comunicaciones Ópticas I (págs. 5-8).
- [40]Sendra Sendra, J. (1999). Capítulo 2:Fibras Ópticas. En E. Sanchis Kilders, Apuntes de Comunicaciones Ópticas I (págs. 18-21).
- [41]Sendra Sendra, J. R. (1999). Capítulo 3:Características de transmisión de fibras. En E. Sanchis Kilders, Apuntes de Comunicaciones Ópticas I (págs. 28 - 32).
- [42]Sirlin, E. (2006). DISEÑO DE ILUMINACIÓN. En E. Sirlin, La luz en el teatro (pág. 3). Atuel.
- [43]SITM de Barranquilla y su Área Metropolitana. (26 de Agosto de 2008). <http://www.contratos.gov.co/>. Obtenido de http://www.contratos.gov.co/archivospuc1/DA/208001046/07-1-23705/DA_PROCESO_07-1-23705_208001046_250181.pdf

- [44]Sodimac Home Center. (2013). Sodimac Home Center. Obtenido de <http://www.sodimac.com.pe>
- [45]The McGraw- Hill Companies. (2005). The McGraw- Hill Interamericana de España, SL. Obtenido de http://mhe.es/cf/ciclos_informatica/844819974X/archivos/unidad2_recurso2.pdf
- [46]Tomasi, W. (15 de Mayo de 2003). Sistemas de comunicaciones electrónicas. Mexico: Pearson Educación. Obtenido de <http://com-opticas.blogspot.com/2013/05/parte-i.html>
- [47]UIT – T. (2009). G.652 : Characteristics of a single-mode optical fibre and cable. Obtenido de <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.652/en>
- [48]UIT – T. (2009). G.655 : Characteristics of a non - zero dispersión - shifted single - mode optical fibre and cable.
- [49]UIT – T. (2010). G.653 : Characteristics of a dispersión - shifted, single-mode optical fibre and cable.
- [50]UIT – T. (2012). G.654 : Characteristics of a cut - off shifted single-mode optical fibre and cable.
- [51]UIT-T. (1996). Recomendación G.663.
- [52]UNE EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES DE PEREIRA S.A. (2009). NORMAS DE CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE FIBRAS ÓPTICAS. Colombia.
- [53]Vieites Freire , C. (2003). Implementación y Evaluación de un Sistema DWDM en Telcel Bel. Caracas.
- [54]Vieites Freire, C. (2003). Implementación de un Sistema DWDM en la Red Interurbana de Fibra Optica de Telcel BellSouth y Evaluación Teórica de Equipos DWDM. Caracas.
- [55]VOX es Copaco. (2013). Vox. Obtenido de <http://www.vox.com.py/Licitaciones/Download.aspx?IdLicitacion=87>.