

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica



ANÁLISIS Y ESTUDIO DEL DESPLIEGUE DE UNA RED BACKBONE MICROCANALIZADA

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR:

ANDRES FERNANDO ROJAS ADVÍNCULA

PROMOCIÓN

2010-I

LIMA PERÚ

2014

ANÁLISIS Y ESTUDIO DEL DESPLIEGUE DE UNA RED BACKBONE MICROCANALIZADA

Agradecimientos:
*Agradezo a Dios por dame
la oportunidad y a mis padres por
su empuje para realizarlo.*

SUMARIO

El presente informe se ha desarrollado con el objetivo de analizar y estudiar la construcción de una red de fibra óptica utilizando el método de microzanjado.

El método del microzanjado es un nuevo método que se ha desarrollado para la construcción de redes en planta externa, el cual permite instalar cables subterráneos en ranuras a una profundidad reducida sin interferir con construcciones existentes que están a una mayor profundidad.

El microzanjado actualmente se utiliza para desplegar redes de planta externa de fibra óptica de una manera más rápida que la tradicional construcción de redes de planta externa y a un menor costo de la misma, por lo que da como resultado un proyecto eficiente para quienes lo ejecutan. Este nuevo método utiliza diferentes formas de construcción y de accesorios dependiendo de las necesidades actuales de la red sin dejar de lado la escalabilidad y la facilidad para la expansión.

En este informe se expone todo el proceso constructivo del despliegue de una red de backbone con el método microcanalizado, el análisis se describe de forma detallada desde la etapa de diseño hasta la etapa de operación. Se analiza las ventajas y desventajas que se obtiene con este método frente a la construcción convencional de canalizado, para luego mostrar las posibles aplicaciones de este nuevo método constructivo en otros tipos de redes de fibra óptica.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DE INGENIERIA DEL PROBLEMA	2
1.1 Descripción del Problema.....	2
1.2 Objetivos del Trabajo.	3
1.3 Evaluación del Problema.....	3
1.4 Limitaciones del trabajo.	3
1.5 Síntesis del Trabajo.....	3
CAPÍTULO II	
MARCO CONCEPTUAL CONTRUCCIONES DE REDES DE PLANTA EXTERNA.....	4
2.1. Antecedentes del Problema.	4
2.2. Planta Externa de fibra óptica	5
2.2.1 <i>Diseño de cableado</i>	5
2.2.2 <i>Equipo de transmisión</i>	5
2.2.3 <i>Ruta de cableado</i>	5
2.2.4 <i>Componentes</i>	5
2.2.5 <i>Análisis del presupuesto de pérdida del enlace</i>	6
2.2.6 <i>Documentación del proyecto</i>	8
2.2.7 <i>Planeamiento de la instalación</i>	8
2.2.8 <i>Planificación de la restauración</i>	9
2.3 Técnica de Microcanalización.	10
2.3.1 <i>Descripción de la tecnología</i>	10
2.3.2 <i>Características</i>	10
2.3.3 <i>Componente del sistema de microcanalización</i>	11
2.3.4 <i>Tipos de corte</i>	18
CAPÍTULO III	
METODOLOGIA PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA	21

3.1	Construcción de Microzanjado.....	21
3.1.1	<i>Etapas preparatorias</i>	21
3.1.2	<i>Corte de la ranura</i>	21
3.1.3	<i>Limpieza y sacado de ranura</i>	21
3.1.4	<i>Tendido de cable</i>	21
3.1.5	<i>Revestimiento de la ranura del cable</i>	22
3.1.6	<i>Empalmes de cable</i>	22
3.1.7	<i>Mantenimiento del cable</i>	22
3.2	Métodos de tendido de cable dentro de la microzanja	22
3.2.1	<i>Tendido mediante "Blowing"</i>	22
3.3	Aplicaciones para el Microzanjado.....	24
3.3.1	<i>Aplicación Punto a punto</i>	24
3.3.2	<i>Aplicación FTTx</i>	25
3.4	Máquinas de corte	25
3.5	Proceso para saber el tipo de zanja.....	26
3.6	Calculo de la velocidad de corte	27
3.7	Calculo de residuos generados	27
3.8	Comparación de costos	28
 CAPÍTULO IV		
ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS		29
4.1	Descripción del proyecto.....	29
4.2	Requisitos para la construcción de la red backbone	30
4.3	Criterios para la selección de la fibra óptica	31
4.4	Procedimiento constructivo	33
4.4.1	<i>Trabajos previos diarios</i>	33
4.4.2	<i>Excavación de microzanjas</i>	34
4.4.3	<i>Colocación de cámaras de paso</i>	35

4.4.4	<i>Procedimiento de instalación de microcanaleta</i>	35
4.4.5	<i>Relleno de microzanja</i>	39
4.4.6	<i>Señalización de obras</i>	40
4.4.7	<i>Cronograma de actividades para este tramo</i>	40
4.5	Empalme y certificación de fibra óptica.	40
4.5.1	<i>Empalmes</i>	40
4.5.2	<i>Parámetros de prueba</i>	42
4.5.3	<i>Pruebas reflecto métricas del anillo</i>	43
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
	BIBLIOGRAFIA.....	47
	ANEXO A.....	48
	ANEXO B.....	49

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Presupuesto Óptico de enlace.....	6
Figura 2.2	Microducto, Canaleta	11
Figura 2.3	Protector de empalme de canaleta	12
Figura 2.4	Tubo Protector	12
Figura 2.5	Curva Vertical y Horizontal.....	12
Figura 2.6	Adaptador para 4 vías.....	13
Figura 2.7	Adaptador tubo protector microcable.....	13
Figura 2.8	Marcador de terreno solido	13
Figura 2.9	Configuración de una caja de empalme.....	14
Figura 2.10	Caja de empalme de 6 puertos.....	15
Figura 2.11	Composición de Fibra Óptica.....	15
Figura 2.12	Fibra Multimodo	17
Figura 2.13	Fibra Monomodo.....	17
Figura 2.14	Disco de una cortadora en seco.....	18
Figura 2.15	Pines de una cortadora en seco.....	19
Figura 2.16	Disco del tipo de corte con agua	19
Figura 2.17	Configuración de los diamantes	20
Figura 3.1	Ejemplo de reparación de un cabe con fallo.....	22
Figura 3.2	Sistema de soplado.....	23
Figura 3.3	Maquina de soplado	24
Figura 3.4	Ditch Witch RT-55.....	25
Figura 3.5	Husqvarna FS 6600	25
Figura 3.6	Simex T-300	26
Figura 3.7	Marais RT80.....	26
Figura 4.1	Plano del recorrido total.....	30

Figura 4.2	Microcable Corning.....	31
Figura 4.3	Plano para la M. Lince	33
Figura 4.4	Georadar.....	34
Figura 4.5	Esquema de microzanja	34
Figura 4.6	Maquina cortadora.....	35
Figura 4.7	Preparación de Herramienta de ensamblaje	36
Figura 4.8	Colocación de la primera canaleta en la herramienta de ensamblaje.....	36
Figura 4.9	Colocación de la segunda canaleta en la herramienta de ensamblado.....	37
Figura 4.10	Ajustes de los rodillos	37
Figura 4.11	Ensamblando las dos canaletas.....	37
Figura 4.12	Unión de canaletas.....	38
Figura 4.13	Instalación del ducto vertical en la microzanja	38
Figura 4.14	Protectores de empalme de canaleta	38
Figura 4.15	Resane de la microcanalización.....	39
Figura 4.16	Maquina de empalmar	41
Figura 4.17	Cortadora.....	41
Figura 4.18	Preparación de empalme	42

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Pérdida de potencia del cable	7
Tabla 2.2	Pérdida de potencia de los conectores	7
Tabla 2.3	Pérdida de potencia de empalmes	7
Tabla 2.4	Pérdida de potencia Total de los componentes pasivos.....	7
Tabla 2.5	Cálculo del presupuesto de óptico de red.....	8
Tabla 3.1	Cálculo de residuos	28
Tabla 3.2	Comparación de costos.....	28
Tabla 4.1	Longitud de microcables entre locales	29
Tabla 4.2	Ficha técnica de FO.....	32
Tabla 4.3	Cronograma de Actividades	40
Tabla 4.4	Pruebas reflectométricas.....	43

INTRODUCCION

Las redes de planta externa son necesarias para desarrollo de los servicios de telecomunicaciones, los cuales en la última década la demanda ha crecido continuamente, por lo que se ve necesario seguir construyendo estas redes que respaldan los servicios de telecomunicaciones, muchas veces esta construcción demanda un tiempo e inversión considerable dentro de los proyectos, en vista de esto y otros factores propios del tipo de trabajo que se realiza para la implementación de la planta externa como es el cerrado de calles, obstrucción de veredas, ruidos molestos, etc. Se ve conveniente desarrollar una nueva tecnología para minimizar estos problemas.

La solución se llama microzanjado, y este método está ganando popularidad entre los proveedores de servicios, empresas de telecomunicaciones, y los municipios de todo el mundo. El microzanjado es mucho menos costoso de implementar, lleva menos tiempo y es menos perjudicial para las carreteras existentes y aceras.

Con la excavación de zanjas convencional, una vez que se corta y se usa la retroexcavadora en una pista para poner la fibra óptica, incluso después de las reparaciones, el agua y los desechos pueden eventualmente filtrarse en las superficies de las carreteras más bajas y provocar baches, hundimientos y otros problemas. Pero el microzanjado involucra cortar una muy pequeña porción, por lo general la mitad de una pulgada de ancho, en la superficie de la carretera a lo largo de ruta demarcada. La zanja es poco profunda, típicamente 6 pulgadas de profundidad. Menos profundidad también significa que los cables están más cerca de la superficie, es más fácil llegar a ellos si hay un problema, y más fácil de arreglar.

El microzanjado no requiere de equipo pesado, horas exorbitantes, o los plazos de construcción extendidos utilizados en proyectos de excavación de zanjas típico. Normalmente el corte se hace a un lado de la pista cercana a la acera. Esta ubicación le da la zanja estabilidad adicional, y en última instancia asegura menos desgaste debido a que la zanja no está en el camino directo donde circulan los vehículos. Una vez que se hace el corte, la línea de fibra se coloca dentro de la zanja. La zanja se rellena luego con asfalto y cemento.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE INGENIERIA DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del Problema.

La planta externa constituye una parte importante del total de las inversiones en las instalaciones telefónicas y además resulta ser el más vulnerable de los elementos de dichas instalaciones, en el cual se producen la mayor parte de las averías que afectan al servicio.

En consecuencia, resulta imprescindible emplear en su construcción los materiales de mejor calidad, apropiados para las funciones a cumplir. Complementariamente y en un mismo nivel de importancia, aplicar los métodos y normas más adecuados para que las instalaciones finales resulten seguras y eficientes.

Tanto los materiales empleados como los métodos de construcción deben mantenerse actualizados, deben estar racionalizados y normalizados, a fin de que se logre una inversión económica y técnicamente eficiente, en procura de brindar una calidad de servicio lo más uniforme posible en todas las comunicaciones que puedan establecerse entre cualquier de los usuarios de la red.

Con el despliegue de las redes ópticas para ofrecer el servicio de banda ancha a los usuarios, se hace necesario realizar el cambio de parte o toda la red de planta externa a esta nueva tecnología ya que es la que presenta mayores prestaciones para poder afrontar los problemas actuales y futuros en lo que respecta al ancho de banda cada vez más demandado por los usuarios y las aplicaciones que ellos utilizan.

Por lo que es necesario desarrollar mecanismos para poder desplegar las redes ópticas de planta externa de una manera más rápida y efectiva.

1.2 Objetivos del Trabajo.

En el presente trabajo se analizará el método constructivo de microcanalizado y la aplicación de la misma en nuevas redes de fibra óptica para un despliegue más rápido y menos costoso que la canalización convencional, para finalmente analizar un ejemplo de una red backbone microcanalizada.

1.3 Evaluación del Problema

El crecimiento económico y social que actualmente presenta nuestro país necesitara una infraestructura de planta externa de red óptica que la respalde ya que debido a la creciente demanda de banda ancha los usuarios necesitan una red que les permita velocidades altas, esto también replica en la sociedad incrementando la competitividad y la creación de empleos.

Los operadores de telecomunicaciones conscientes de que deben de brindar este servicio y además de la demanda creciente de los consumidores con respecto al ancho de banda, necesitaran desplegar redes ópticas de forma muy rápida y eficiente.

1.4 Limitaciones del trabajo.

El presente trabajo no se centrara en el análisis de los métodos convencionales ya sea tendido aéreo, submarino o canalizado con los que está viniendo trabajando ampliamente para los cables de cobre de telecomunicaciones y servicios eléctricos, por el contrario busca dar nuevas soluciones a estos sistemas.

1.5 Síntesis del Trabajo.

El presente trabajo tiene como fin describir un método ordenado y secuencial del proceso de diseño y desarrollo de una red backbone de fibra óptica para planta externa con el sistema de microcanalizado, el análisis ira detalladamente desde la etapa de diseño hasta la etapa de operación. Se analizara las ventajas y desventajas que se tiene con este método frente a la construcción convencional de canalizado, para luego mostrar las posibles aplicaciones de este nuevo método constructivo en otros tipos de redes de fibra óptica.

CAPÍTULO II

MARCO CONCEPTUAL CONSTRUCCION DE REDES DE PLANTA EXTERNA

2.1. Antecedentes del Problema.

Las canalizaciones convencionales empleadas para el despliegue de redes de comunicación por fibra óptica, a través de vías o espacios urbanos son realizadas a una profundidad mínima de 90cm, este tipo de construcciones se hacen en conjunto con máquinas pesadas y trabajo de los técnicos los cuales tenían que restringir el acceso a las calles o avenidas a intervenir con la finalidad de poder ejecutar el trabajo de forma segura y bajo las normas de calidad establecida.

En este contexto el microcanalizado aparece como una solución la cual es mucho más rápida, menos costosa y tiene menos impacto en la pista, para realizar estos trabajo no es necesario cerrar la calle o avenida, es suficiente trabajar en un carril con todos los elementos de seguridad establecidos.

También los elementos que conforman la canalización convencional son rediseñados para adaptarse a este nuevo método llamado microcanalizado, entre ellos están las cámaras de acceso, las cajas de empalme, el cable de fibra óptica, etc.

Este nuevo sistema consiste en realizar un corte en la pista con una profundidad entre 12cm a 30cm y un ancho que va desde 1.5cm hasta los 5cm, esto garantiza un mínimo trabajo el cual se realiza en un tiempo mucho más rápido que la canalización convencional las cuales tenían un promedio de ejecución de 80m por día.

Finalmente para el microcanalizado se debe realizar un diseño tomando en cuenta que debido a la poca profundidad que tiene, el microcanalizado está más expuesto a las

fallas por trabajos en las pistas y otras construcciones que se realizan en la planta externa las cuales deben ser mitigadas con un correcto diseño de planta externa.

2.2. Planta Externa de fibra óptica

2.2.1 Diseño de cableado

Redes metropolitanas operadas por ciudades pueden llevar una variedad de tráfico de red, incluyendo cámaras de video vigilancia, servicios de emergencias, sistema educacional, telefonía, seguridad, monitoreo y control de tráfico, muchas de estas aplicaciones son diseñadas para enlaces de largas distancias, la cual la fibra monomodo es la idónea.

Para el diseño de largas distancias de planta externa generalmente se escogen cableados que contenga fibra óptica monomodo sobre cualquier otro medio, sin embargo la elección va a depender de la aplicación, el ancho de banda, diferentes tipos de fibra monomodo pueden ser óptimos.

2.2.2 Equipo de transmisión

Escoger el equipo de transmisión es el siguiente paso para el diseño de una red de fibra óptica. La distancia y el ancho de banda pueden ayudar a determinar el tipo de fibra necesaria y a su vez indicar las interfaces ópticas de los enlaces.

2.2.3 Ruta de cableado

Para la planta externa, la instalación de cables tiene una enorme variedad de opciones dependiendo de la ruta que el cable va a tomar, por lo que se necesita diferentes tipos de instalación como cables enterrados, cableado aéreo, cableados debajo del agua, etc., la cual va llevar al uso de diferentes tipos de cables.

2.2.4 Componentes

Una vez definida la ruta, se puede saber qué tipos de cables pueden ser instalados en los diferentes terrenos y escenarios, también donde colocar los empalmes y donde los cables terminaran, los diferentes componentes se pueden clasificar:

- Tipo de cable
- Empalmes y terminaciones de hardware
- Componentes diversos de acuerdo al proyecto.

Para cada instalación se debe de realizar una lista completa de materiales a necesitar, algunos componentes deben ser estimados en base a otros componentes como por ejemplo la cantidad de ductos a usar la cual será aproximadamente igual a la longitud de cable que se va a colocar dentro de ellos. Las bandejas de empalmes deben

ser colocadas de acuerdo a la cantidad de hilos de fibra que tenga el cable. En cada punto de empalme se debe adicionar de 10 a 20 metros de cable para tenerlo como reserva en caso de alguna restauración de averías o de futuras expansiones, se debe de prever un 2%-5% de la cantidad de conectores adicionales en caso sea necesario el reemplazo.

2.2.5 Análisis del presupuesto de pérdida del enlace.

El análisis del presupuesto óptico es el cálculo y verificación de la operatividad del sistema óptico, la atenuación y el ancho de banda son los parámetros claves para este análisis. Esto se debe analizar ante de la instalación del sistema óptico como se muestra en la Figura 2.1.

Este análisis asegura que la red trabajara sin problema cuando el trabajo de instalación haya terminado. Para realizar un correcto análisis no usa el mejor caso, por el contrario se usa el peor caso debido a la degradación de los componentes en el tiempo.

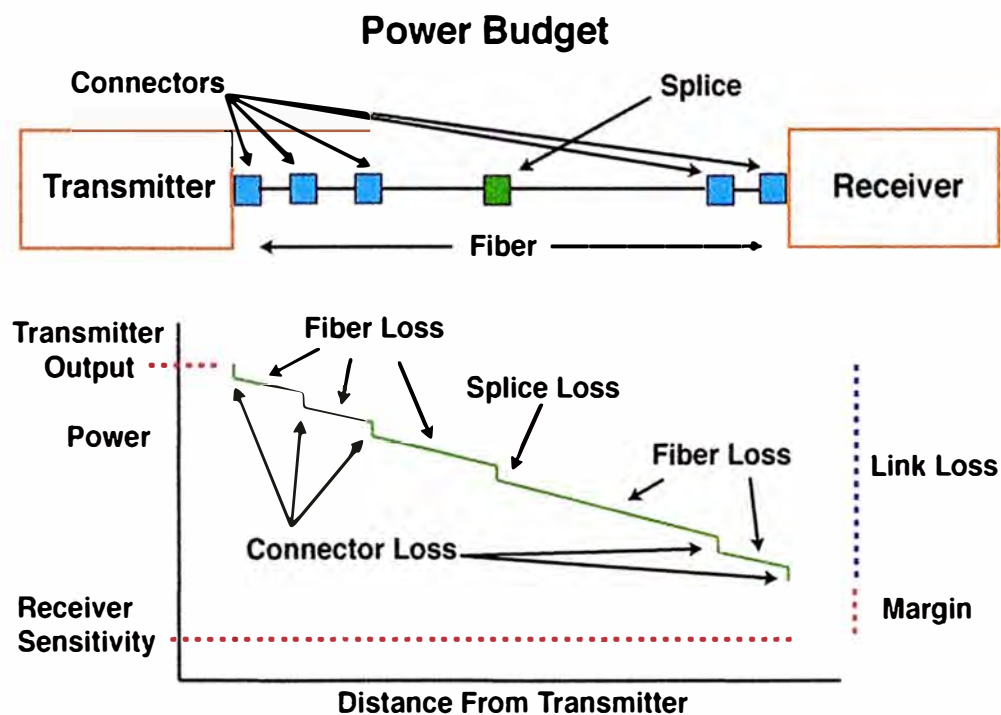


Figura 2.1 Presupuesto Óptico de enlace (Fuente Ref. [1])

A. Pérdida de potencia del cable.

Todas las especificaciones en paréntesis son los valores máximos para el estándar EIA/TIA 568. Para fibra monomodo una pérdida mayor es permitida para aplicaciones locales (1dB/km para planta interna, 0.5dB/km para planta externas), como se puede apreciar en la Tabla 2.1

Tabla 2.1 Pérdida de potencia del cable (Fuente: Elab. Propia)

Longitud de cable (km)	1	1	1	1
Tipo de fibra	Multimodo		Monomodo	
Longitud de onda(nm)	850	1300	1300	1550
Atenuación (dB/km)	3 (3.5)	1 (1.5)	0.4 (1/0.5)	0.3 (1/0.5)
Pérdida Total (dB)	3.0 (3.5)	1.0 (1.5)	0.4 (1/0.5)	0.3 (1/0.5)

B. Pérdida de potencia de los conectores.

Conectores multimodo tienen una pérdida típica de 0.2 -0.5 dB. Para monomodo pueden tener una pérdida de 0.1 – 0.2 dB, como se puede apreciar en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Pérdida de potencia de los conectores (Fuente: Elab. Propia)

Pérdida del conector	0.3 dB (Conector pulido)	0.75 dB (Conector pre pulido y el máximo aceptable por el estándar TIA-568)
Numero de conectores	10	10
Pérdida total de conectores	3 dB	7.5 dB

C. Pérdida de potencia de empalmes.

Los empalmes para el estándar EIA/TIA 568 pueden tener un máximo de 0.1 – 0.5 dB para multimodo y 0.3 dB para monomodo, como se puede apreciar en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Pérdida de potencia de empalmes (Fuente: Elab. Propia)

Perdida de empalme	0.3 dB
Numero de empalme	1
Pérdida total de empalme	0.3 dB

D. Pérdida de potencia total de los componentes pasivos.

Este debería ser el criterio del enlace para las pérdidas máximas en él, como se puede apreciar en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Pérdida de potencia Total de los componentes pasivos (Fuente: Elab. Propia)

Longitud de onda (nm)	850	1300	1300	1550
Pérdida total de cable (dB)	3.0 [3.5]	1.0 [1.5]	0.4 [1/0.5]	0.3 [1/0.5]
Pérdida total de conectores (dB)	3 [7.5]	3 [7.5]	3 [7.5]	3 [7.5]
Pérdida total de empalmes (dB)	0.3 [0.3]	0.3 [0.3]	0.3 [0.3]	0.3 [0.3]
Otros (dB)	0	0	0	0
Pérdida total del enlace(dB)	6.3 [11.3]	4.3 [9.3]	3.7 [8.8/8.3]	3.6 [8.8/8.3]

E. Cálculo del presupuesto de la pérdida de potencia óptica en los equipos de red

Para esto se debe tener en cuenta el rango dinámico que es la diferencia entre la salida de potencia en el origen y la sensibilidad de potencia en la recepción.

Típicamente para 100Mb/s en un enlace multimodo a 1300nm tenemos, como se puede apreciar en la Tabla 2.5:

Tabla 2.5 Cálculo del presupuesto de óptico de red (Fuente: Elab. Propia)

Longitud de onda(nm)	1300
Tipo de fibra	MM
Sensibilidad de recepción (dBm@ BER requerido)	-31
Salida de transmisión promedio (dBm)	-16
Rango dinámico (dB)	15
Margen recomendado (dB)	3

Rango dinámico (dB) (arriba)	15	15
Perdida de enlace (dB @ 1300 nm)	4.3 (típicamente)	9.3 (TIA)
Margen de enlace (dB)	10.7	5.7

2.2.6 Documentación del proyecto.

Documentar el proyecto es necesario para y parte del proceso de planeamiento. Realizarlo apropiadamente puede reducir el tiempo de instalación y de restauración del enlace luego de la instalación.

La documentación debería empezar con la ruta del enlace, la especificación del cable a utilizar, los empalmes y puntos de terminación, así como el detalle de las fibras conectadas y los datos del testeo. Se debe hacer diferentes respaldos para la documentación del proyecto, esta documentación necesita estar actualizada y asignada a una persona para su proceso de actualización.

2.2.7 Planeamiento de la instalación.

Luego de tener toda la documentación se llega a la parte de la instalación que es crítica en cualquier proyecto, para realizarlo de la forma adecuada se tiene que tener lo siguiente:

Pre-instalación

- Principal punto de contacto
- Establecer los requisitos del enlace óptico.
- Establecer los requerimientos de equipo.
- Escoger la ruta del enlace y obtener los permisos

- Escoger los componentes del enlace óptico.
- Coordinar con el personal facilitador y eléctrico
- Tener la documentación lista para la instalación
- Tener el plan de testeo completo
- Agendar el día del comienzo de la instalación
- Establecer el día de la entrega de los componentes y materiales
- Realizar una visita con el contratista a la ruta del enlace
- Revisar con el contratista el plan de construcción
- Revisar con el contratista los componentes
- Revisar con el contratista el calendario de actividades
- Revisar con el contratista las reglas de seguridad
- Revisar con el contratista el plan de testeo

Antes de la instalación:

- Todos los permisos habilitados para inspección
- Sitios preparados
- Componentes en sitio
- Contratista habilitado
- Personal relevante notificado

Durante la instalación:

- Inspección la mano de obra
- Diariamente revisar el proceso y el progreso de las actividades
- Notificación inmediata y solución de problemas

Después del término de la instalación:

- Inspección de la mano de obra
- Revisar los datos del test
- Establecer y testear los sistemas de comunicación
- Actualizar y completar la documentación
- Actualizar y completar el plan de restauración
- Almacenar la documentación

2.2.8 Planificación de la restauración.

La restauración eficiente del enlace de fibra óptica depende de encontrar rápidamente el problema, saber cómo resolverlo, tener todos los componentes para resolverlo y realizar el trabajo rápido y eficientemente. Teniendo una planificación por adelantado minimizara los problemas. Para esto se tiene que tener una buena documentación durante la instalación y tenerla actualizada.

2.3 Técnica de Microcanalización.

2.3.1 Descripción de la tecnología

Microcanalización es una técnica innovadora que puede ser utilizada para desplegar la infraestructura de comunicaciones, por lo general redes de fibra óptica en las carreteras y zonas urbanas. En las circunstancias adecuadas la técnica tiene un gran potencial para la implementación de bajo impacto en el que el cable de fibra óptica dentro de conductos especiales se colocan en una zanja con ranura de corte de menos de 20 mm de ancho, y por lo general entre 120-300mm de profundidad, sin alterar o dañar la infraestructura existente en las pistas o berma. La zanja es luego rellena con concreto y asfalto, a menudo por lo que es difícil darse cuenta siquiera de que las obras se han realizado.

El uso de este método puede ahorrar un tiempo considerable en la implementación, así como el uso de menos recursos, y puede tener un impacto ambiental reducido, con menos residuos retirado de trincheras o transportados al sitio de relleno. Métodos de construcción tradicionales suelen costar del orden de \$75 a \$125 por metro y una sola banda se completa típicamente 30-50m al día. Microzanjado utiliza aproximadamente la centésima parte del material necesario para rellenar la zanja y donde la técnica tiene un costo del orden de \$20 a \$40 por metro y una solo corte la cual se realiza típicamente 150-200m por día.

El microzanjado no requiere del equipo pesado, horas exorbitantes, o los plazos de construcción extendidos utilizados en proyectos de excavación de zanjas convencionales. Requiere una zanjadora especialmente diseñada para cortar las superficies de carretera.

Esto hace al microzanjado una propuesta atractiva para las empresas de comunicaciones que están buscando un despliegue de redes de banda ancha mucho más rápidos que lo habitual. Esta técnica permitirá mucha más rápido el despliegue de fibra óptica para el hogar (FTTH), con lo originaria el aumento de la capacidad de ancho de banda y una mayor fiabilidad a las zonas urbanas.

2.3.2 Características

Este método que consiste en realizar una zanja a lo largo del asfalto a poca profundidad. Este método se utiliza para realizar el menor daño posible en aquellos casos que son críticos, y supone un compromiso entre el daño y los costes por un lado, y la seguridad de instalación de la fibra por otro.

A. **Ventajas**

- Mejora de la rentabilidad: Permite la máxima rentabilidad y mayor retorno de la inversión por todos los clientes actuales o futuros gastos de derecho de vía.
- Velocidad de corte: Con esta tecnología se puede llegar hasta un máximo de 500m diarios bajo ciertas condiciones.
- Disminución de riesgos: Debido a la profundidad de instalación se reduce los riesgos de ruptura de otros servicios que ya se encuentran instalados.
- Menos invasivo: Debido a la forma de trabajo este nuevo método no llega a cerrar calles ni tampoco cerrar cruces de calles, de esa forma no afecta a la vía pública ni al tráfico vehicular.
- Reducción de impacto medio ambiental debido al mínimo trabajo de maquinaria que se utiliza.
- Eficiencia: Al reducir el espacio desperdiciado del ducto, la microcanalización nos permite la máxima utilización de las actuales y futuras infraestructuras en comunicación.

B. **Desventajas**

- Riesgos de afectación a la microcanalización debido a tareas de mantenimiento y obras en la calzada, esto se podría minimizar con un exhaustivo mapeo de estas canalizaciones por las entidades pertinente.
- Limitación para poder pasar otro tipo de canalización por este debido a las dimensiones de la microcanalización.

2.3.3 Componente del sistema de microcanalización

Para el microcanalizado se tienen los siguientes componentes la cuales se usa

A. **Microducto o canaleta**

Microducto o canaleta el cual protegerá el microcable de las condiciones externas, en la Figura 2.2 se observa su composición.



Figura 2.2 Microducto, Canaleta (Fuente Ref. [5])

B. Protector de empalme de microducto o canaleta

Este accesorio se utiliza para dar continuidad al microducto o canaleta el cual lo sella herméticamente como se puede ver en la Figura 2.3.



Figura 2.3 Protector de empalme de canaleta (Fuente Ref. [5])

C. Tubo protector

Se utiliza para entrar a postes o edificios el cual le da continuidad al recorrido como se observa en la Figura 2.4, este tubo es altamente resistente a la manipulación.

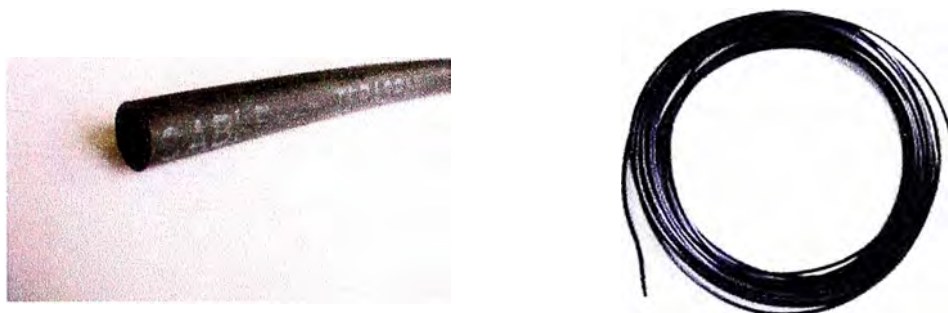


Figura 2.4 Tubo Protector (Fuente Ref. [5])

D. Curvas Horizontales y Curvas Verticales

En la Figura 2.5 se observa este accesorio, es utilizado para realizar cambios de dirección las cuales pueden ser vertical u horizontal.



Figura 2.5 Curva Vertical y Horizontal (Fuente Ref. [5])

E. Adaptador (para pasar de canaleta a tubo) para canaleta de 4 vías

Este accesorio que se muestra en la Figura 2.6 se usa para realizar el cambio de canaleta al tubo protector para poder ingresar a edificios o interiores y puede venir en configuraciones desde 1 hasta 4 salidas.



Figura 2.6 Adaptador para 4 vías (Fuente Ref. [5])

F. Adaptador de tubo protector a micro-cable.

Este accesorio que se muestra en la Figura 2.7 se usa como una interfaz para la salida del microcable del tubo protector.

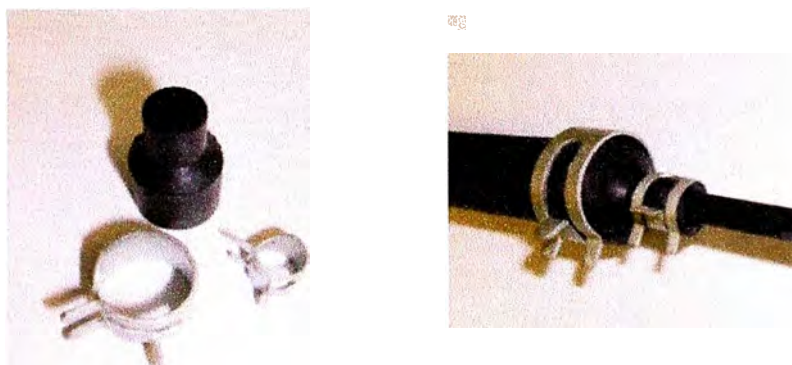


Figura 2.7 Adaptador tubo protector microcable (Fuente Ref. [5])

G. Señalizador para terreno rígido.

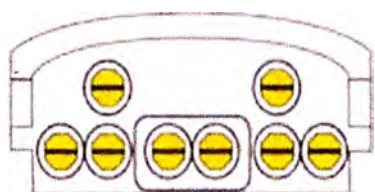
Señalizador el cual sirve como advertencia indicando que existe microcanalizado por debajo de él como se observa en la Figura 2.8.



Figura 2.8 Marcador de terreno sólido (Fuente Ref. [5])

H. Caja de empalme

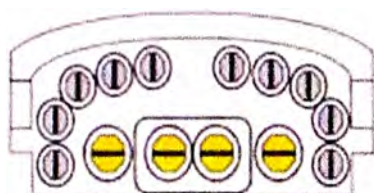
Las cajas de empalmes para los microcables también se pueden encontrar para varias aplicaciones dependiendo la cantidad de cables que se desea ingresar o la cantidad de empalmes que desea tener, las cuales pueden ser para soluciones indoor y outdoor como las que se muestra en la Figura 2.9 y en la Figura 2.10. La diferencia de estas cajas de empalmes con las convencionales radica en el apertura de la entrada de los cables las cuales son más pequeñas adecuadas para los microcables y para su correcta manipulación dentro de las mismas.



CDP (Cable Distribution Point)

Dos posibles configuraciones:

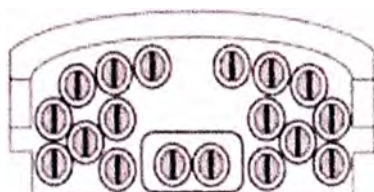
- 1 puerto doble ECAM D5-27 y 6 puertos individuales ECAM S5-18.
- 8 puertos individuales ECAM S5-18



EDP (End Distribution Point)

Dos configuraciones posibles:

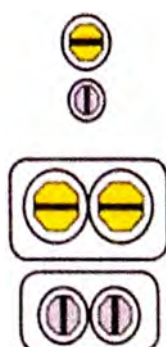
- 1 puerto doble ECAM D5-27, 2 puertos ECAM S5-18 y 10 puertos ECAM S4-12
- 4 puertos ECAM S5-18 y 10 puertos para ECAM S4-12



BDP (Branch Distribution Point)

Dos posibles configuraciones:

- 1 puerto doble ECAM D5-20 y 16 puertos individuales ECAM S4-12,
- 18 puertos individuales ECAM S4-12



S18 sellado de cable individual para diámetros 5-18 mm

S12 sellado de cable individual para diámetros 4-12 mm

D27 sellado de cable doble para diámetros 5-27 mm

D20 sellado de cable doble para diámetros 5-20 mm

Figura 2.9 Configuración de una caja de empalme (Fuente Ref. [6])

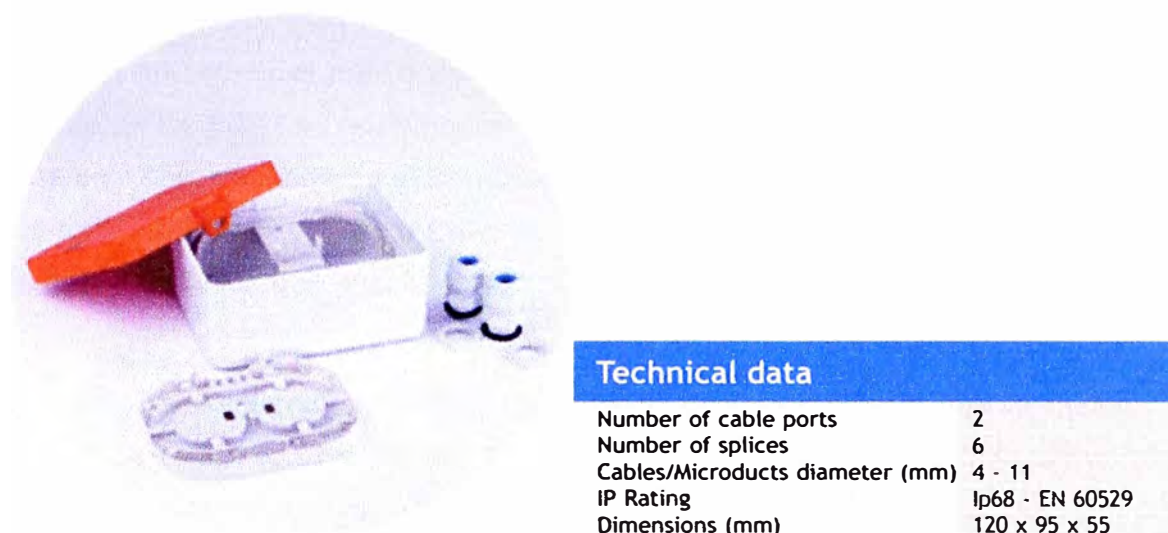


Figura 2.10 Caja de empalme de 6 puertos (Fuente Ref. [6])

I. Tipos de cable para microcanalización

a. Revestimiento primario

Deben cumplir con las recomendaciones ITU-T G.65X.

b. Composición de la fibra óptica

El conductor de fibra óptica está compuesto por dos elementos básicos tal como: núcleo (core) y el recubrimiento (cladding) como se observa en la Figura 2.11, cada uno de ellos formado por materiales con distinto índice de refracción, para conformar así una guía propagadora de las ondas luminosas. Así cuando se habla de fibras de 50/125, 62,5/125 o 10/125mm, se hace referencia a la relación entre el diámetro del núcleo y el del revestimiento.

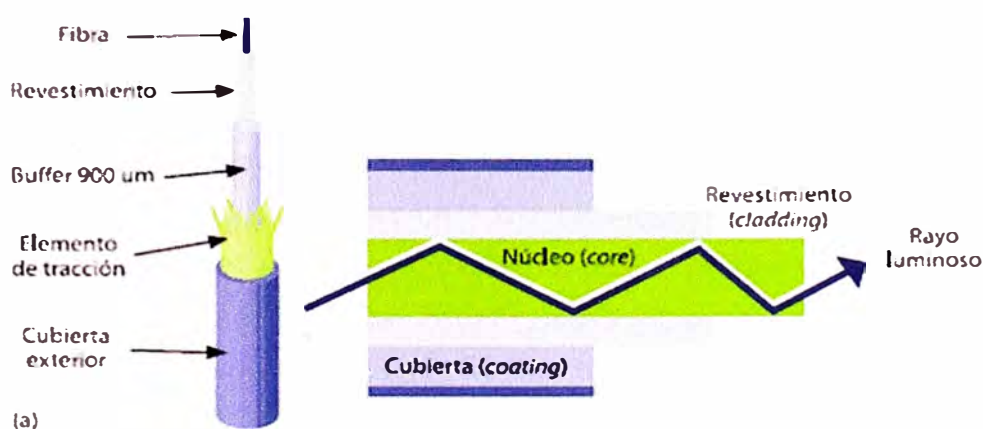


Figura 2.11 Composición de Fibra Óptica (Fuente Ref. [2])

- *Núcleo*

El núcleo es el medio físico que transporta las señales ópticas de datos desde la fuente de luz (LED o Láser) hasta el dispositivo de recepción (Foto Detector). Se trata de una sola fibra continua de vidrio ultra-puro de cuarzo o dióxido de silicio, de diámetro muy pequeño, entre 10 y 300 μm (10-6m). Cuanto mayor es el diámetro del núcleo, mayor es la cantidad de luz que el cable puede transportar.

- *Revestimiento*

El revestimiento (cladding) es la parte que rodea y protege al núcleo. Tiene un índice de refracción menor al del núcleo, de forma que actúa como capa reflectante y consigue que las ondas de luz que intentan escapar del núcleo sean reflejadas y retenidas en el mismo.

En esta capa se añaden varias capas de plástico con el fin de absorber los posibles impactos o golpes que pueda recibir la fibra y proporcionar una protección extra contra curvaturas excesivas del cable, es decir; para preservar la fuerza de la fibra.

- *Recubrimiento*

Las fibras ópticas son cubiertas con una funda plástica (coating) que provee protección mecánica al manipuleo. Esta funda puede retirarse por medios mecánicos o físicos con el fin de realizar los empalmes y le da a la fibra un diámetro externo que puede ser de 125, 250, 500 o 900 μm . Esta última capa de la fibra está constituida por ciertos materiales que resguardan la fibra óptica de la humedad, el aplastamiento, los roedores, y otros riesgos del entorno.

c. Clasificación y tipos de fibra óptica

- *Fibra Multimodo*

Es aquella en la que los haces de luz pueden circular por más de un modo o camino. Esto supone que no llegan todos a la vez. Una fibra multimodo puede tener más de mil modos de propagación de luz. Las fibras multimodo se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia, menores a 1 km; es simple de diseñar y económico. Su distancia máxima es de 2 km y usan diodos láser de baja intensidad.

Su composición física se muestra en la Figura 2.12, dependiendo el tipo de índice de refracción del núcleo, tenemos dos tipos de fibra multimodo:

- ❖ Índice escalonado: en este tipo de fibra, el núcleo tiene un índice de refracción constante en toda la sección cilíndrica, tiene alta dispersión modal.
- ❖ Índice gradual: mientras en este tipo, el índice de refracción no es constante, tiene menor dispersión modal y el núcleo se constituye de distintos materiales.

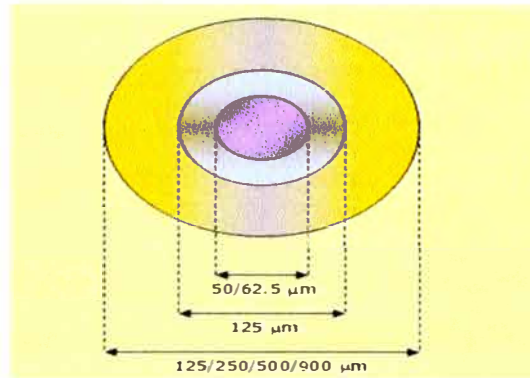


Figura 2.12 Fibra Multimodo (Fuente Ref. [2])

- **Fibra Monomodo**

Una fibra monomodo es una fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz. Se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño (8,3 a 10 micrones) que sólo permite un modo de propagación. Su transmisión es paralela al eje de la fibra. A diferencia de las fibras multimodo, las fibras monomodo permiten alcanzar grandes distancias (hasta 100 km máximo, mediante un láser de alta intensidad) y transmitir elevadas tasas de información (decenas de Gb/s).

Debido a que las fibras monomodo son más sensibles a los empalmes, soldaduras y conectores, las fibras y los componentes de éstas son de mayor costo que los de las fibras multimodo, su composición física se muestra en la Figura 2.13.

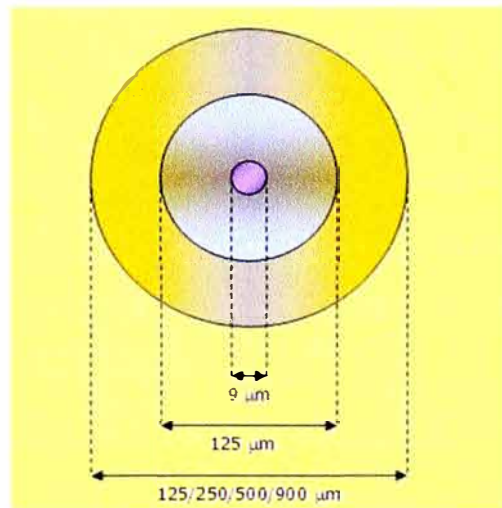


Figura 2.13 Fibra Monomodo (Fuente Ref. [2])

d. Construcción de cable

Los microcables de fibra óptica recientemente desarrollados para estas aplicaciones son más delgados que un cable de fibra óptica convencional sus características principales:

- Cable de tubos holgado: Esto es esencial para cualquier maniobra en planta externa

- Chaquetas delgadas: Los microcables de fibra óptica tienen una chaqueta delgada que les permite trabajar adecuadamente en microductos diseñados para canalización, lógicamente al tener una chaqueta delgada pierde protección sin embargo esta protección es compensada con la protección brindada por los microductos o canaletas.
- Optimizados para soplado: Debido a que esta técnica de tendido es la más usada para la microcanalización, permite tendidos largos de una forma más eficiente.
- Dieléctricos: Son completamente dieléctricos

La construcción de estos cables deberá seguir el estándar IEC 60793, 60794.

2.3.4 Tipos de corte

A. Corte en seco

La técnica de la microzanja de corte en seco, abre un nuevo escenario en el ámbito de las telecomunicaciones, es y será sin duda una técnica a tener en cuenta para los nuevos tendidos de fibra óptica.

El corte en seco de la microzanja garantiza una higiene notable respecto a los métodos usados hasta el momento. En definitiva se trata de reducir al mínimo las medidas tanto de las zanjas como de los tubos.

Este mecanismo no corta el pavimento, por el contrario tritura el pavimento con los pines los cuales se muestran en la Figura 2.14 y la Figura 2.15, los pines están en diferentes posiciones y tienen la función de romper la pista. En este tipo de corte mientras más ancho sea la microzanja a realizar el corte será efectuado de manera más rápida y la vida de los pines durara más.

Se recomienda usar pines de 14mm de cuello, ya que experimentalmente se ha comprobado que son más durables.



Figura 2.14 Disco de una cortadora en seco (Fuente Ref. [7])

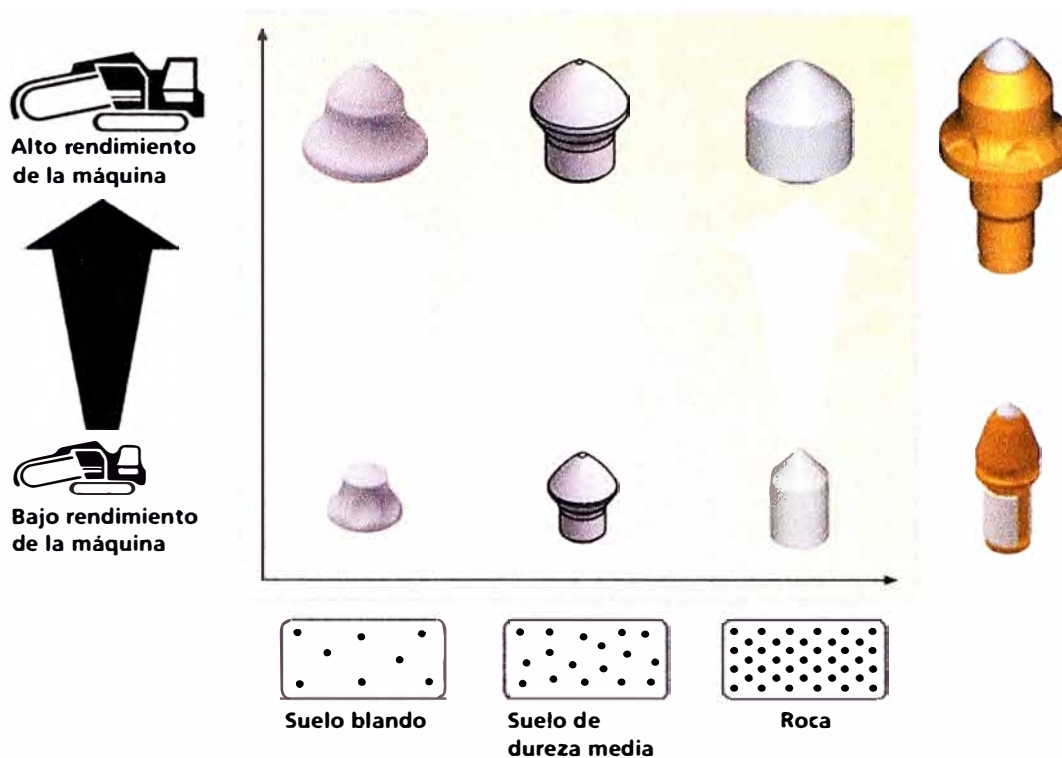


Figura 2.15 Pines de una cortadora en seco (Fuente Ref. [7])

B. Corte con agua

Este corte se realiza con un chorro de agua el cual sirve de refrigerante y lubricador para la cuchilla, esta técnica es muy diferente a la de corte en seco. El corte húmedo funciona gastando el pavimento debido al rozamiento que este tiene con la pastilla del disco. Las pastillas del disco tienen pequeños cristales de diamantes las cuales se muestran en la Figura 2.16 y la Figura 2.17, que en contacto con el pavimento se rompen, la acción de romper los diamantes ocasiona el desgaste en el pavimento lo que hace posible el corte.

En este sistema la velocidad de corte depende de la configuración de las pastillas así como el tipo de terreno a la cual este siendo expuesta y si es abrasivo o no.



Figura 2.16 Disco del tipo de corte con agua (Fuente Ref. [7])

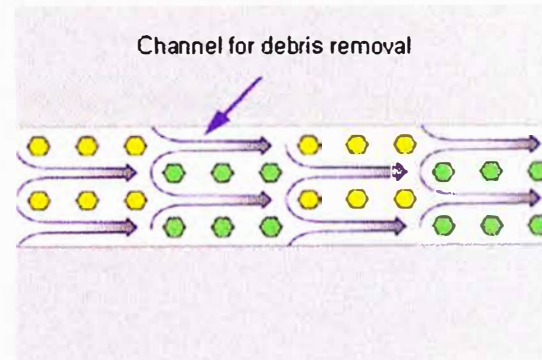
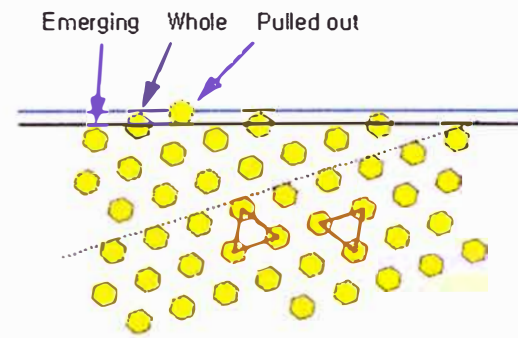
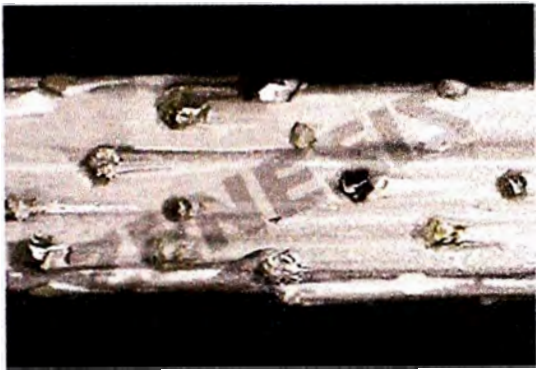
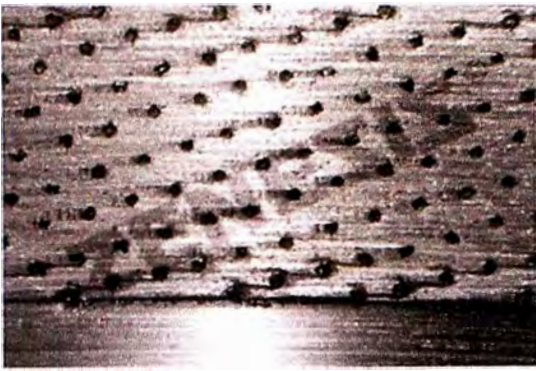


Figura 2.17 Configuración de los diamantes (Fuente Ref. [7])

CAPÍTULO III

METODOLOGIA PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA

3.1 Construcción de Microzanjado

Las microzanjas debido a sus reducidas profundidades que se utilizan para su instalación están más expuestas a sufrir daños, por lo que es muy importante que se planifique cuidadosamente las rutas en las que se utilizan estas técnicas para poder asegurar su estabilidad a largo plazo.

3.1.1 Etapas preparatorias

Se debe llevar un estudio detallado de la ruta con la finalidad de identificar actividades para poder realizar una correcta planificación en la planta externa. Es necesario determinar sitios para los empalmes y las terminaciones de las secciones. También es necesario que se investigue la composición del suelo mediante perforaciones de muestra.

3.1.2 Corte de la ranura

El corte es realizado con una maquina especial para cortar asfalto, estas máquinas realizan el corte de acuerdo al tipo de suelo y a las dimensiones de la microzanja la cual se refleja en los tiempos de corte.

3.1.3 Limpieza y sacado de ranura

Luego del corte se debe realizar lo siguiente:

- Limpiar la ranura con agua a presión;
- Secar la ranura utilizando aire comprimido;
- Secar nuevamente la ranura (por ejemplo, calcinar) con aire caliente empleando una caña de soplar apropiada.

3.1.4 Tendido de cable

Existen varias formas de tendido de cable la más usada es el tendido por método de soplado la cual se realiza una vez instalado el microducto.

3.1.5 Revestimiento de la ranura del cable

Luego de instalar el microducto se debe cerrar las ranuras con asfalto caliente. Para garantizar que el asfalto se adhiera a las paredes de las ranuras y crear un sello definitivo, se aplicara una base a los costados de la ranura. El asfalto se aplicara usando una herramienta adecuada para el ancho de la ranura.

3.1.6 Empalmes de cable

Se deben de utilizar cajas de empalmes apropiadas para unir o bifurcar el cable. Esto accesorios se instalan al nivel de la superficie del camino. Una vez concluidas las operaciones de empalme, la caja se asegurara y se sellara herméticamente.

3.1.7 Mantenimiento del cable

Cuando suceda una avería con el cable, deberá reemplazarse la sección donde se ubicó el problema instalando un nuevo cable. Se identificara el punto de la falla, luego se removerá el asfalto aproximadamente 3m a cada lado de la falla, se realizara el corte del cable apropiado para luego instalar 2 cajas de empalmes y luego estas se empalmen con un clave nuevo, el proceso se muestra en la Figura 3.1.

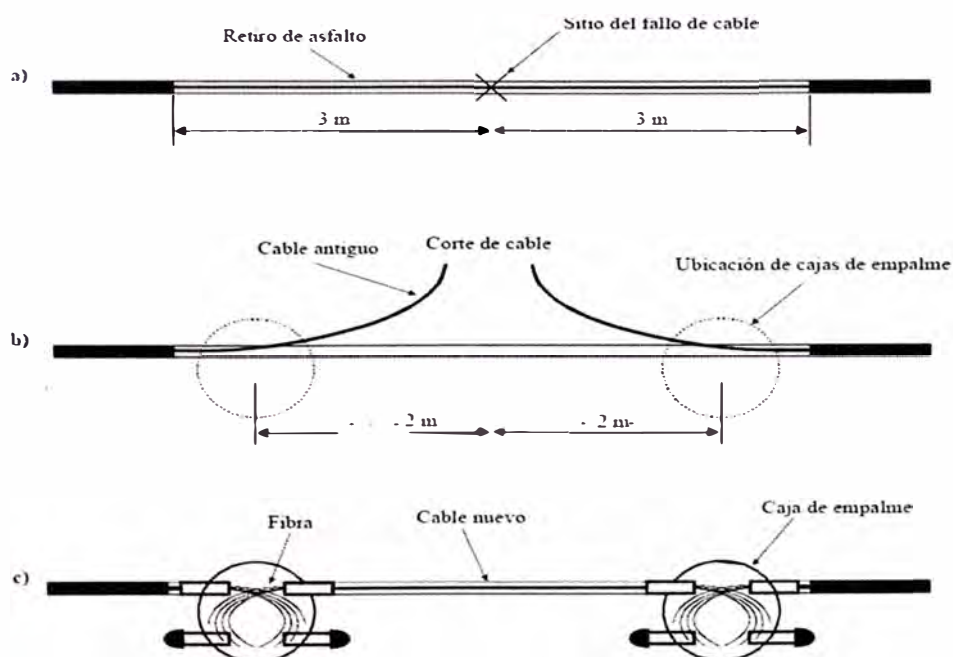


Figura 3.1 Ejemplo de reparación de un cable con fallo (Fuente Ref. [6])

3.2 Métodos de tendido de cable dentro de la microzanja

3.2.1 Tendido mediante "Blowing"

El método de tendido de cable denominado "blowing" se describe como un tendido neumático utilizado para instalaciones canalizadas de cables de telecomunicación, que

consiste en insertar los cables directamente a presión (insuflación), pudiendo ser colocado el cable en una sola operación como se muestra en la Figura 3.2.

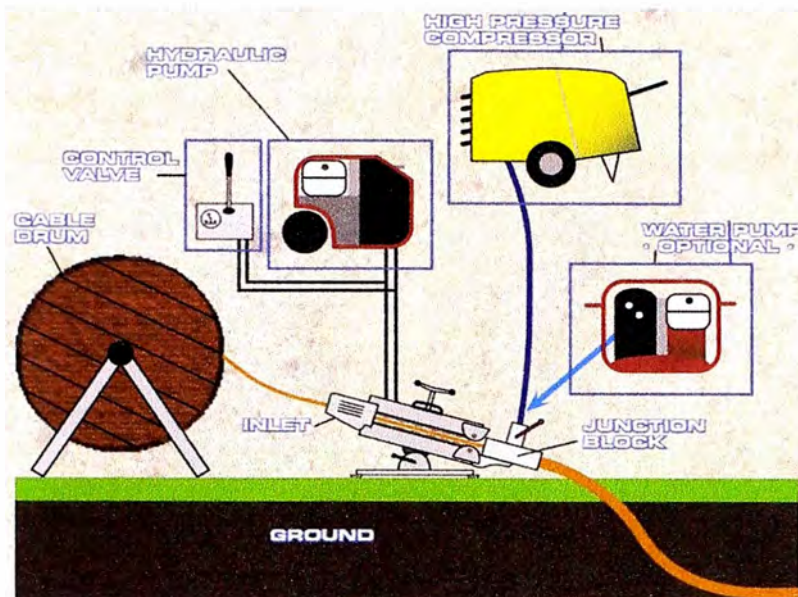


Figura 3.2 Sistema de soplado (Fuente Ref. [6])

Los procedimientos a seguir en este tipo de tendido se describen a continuación:

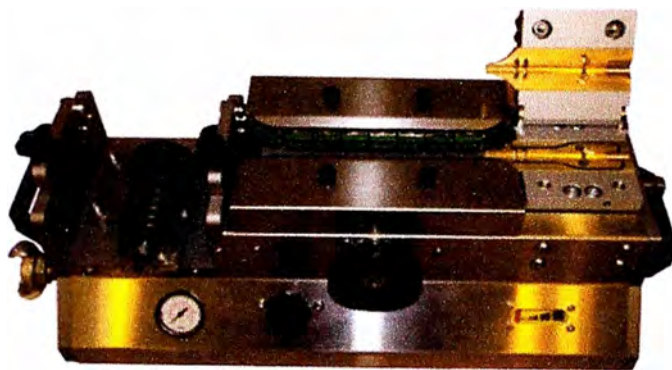
Primero se revisa la integridad del conducto. Se aplica presión para determinar si tiene fugas. A fin de asegurar una instalación correcta, el conducto debe ser hermético y libre de obstrucciones. Después se vierte un poco de lubricante en el conducto y se sopla un transportador de espuma por el tramo para confirmar su integridad.

Segundo, se prepara el cable para la instalación. Se une un transportador de cable al extremo del cable de fibra óptica. Hay transportadores de cables de tamaño correspondiente al diámetro interno de conducto. El cable se alimenta por el soplador de cables hacia el conducto.

Tercero, se lubrica el conducto. Se aplica lubricante enfrente y detrás del transportador de cable.

Cuarto, comienza el proceso de soplado. Se aplica presión (aire comprimido) al conducto, detrás del transportador de cable. Cuando la presión intenta equilibrarse, busca la trayectoria con menor resistencia y crea una fuerza de empuje sobre el transportador de cable, haciendo que se mueva hacia delante. A su vez, el movimiento del transportador de cable ejerce una fuerza de tracción sobre el cable y comienza a moverlo por el conducto.

Mientras tanto, se aplica una fuerza de empuje adicional al cable mediante un tractor hidráulico en el soplador de cable. El uso del tractor hidráulico reduce los requisitos de consumo de aire de la compresora. Además, la fuerza de empuje del tractor le da holgura al cable, reduce la contratensión y mantiene el cable holgado y flexible. De esta manera se reducen la fricción y resistencia y el cable puede viajar con libertad por el conducto, en la Figura 3.4 se muestra un máquina de soplado para microcable.



SPECIFICATIONS

Micro cable diameter:	4 - 12 mm
Micro duct diameter:	7 - 20 mm
Blowing distance ¹ :	Up to 3,5 km
Blowing speed ¹ :	Up to 100 m/min.
Recommended pressure and airflow ² : .	8-16 bar (1.000 l/pr. min.)
Weight:	24 kg
Length:	650 mm
Width:	225 mm
Height:	210 mm

¹ Depending on type of micro duct and cable.

² Cooled and dried air.

Figura 3.3 Maquina de soplado (Fuente Ref. [6])

3.3 Aplicaciones para el Microzanjado

3.3.1 Aplicación Punto a punto

Este método de construcción se está aplicando para poder construir redes punto a punto o backbone que requieren un despliegue rápido a bajo costo. Por ser una nueva tecnología de construcción esta se realiza con el mínimo impacto tanto a los peatones como a los vehículos que circulan por la calle

3.3.2 Aplicación FTTx

Por su gran versatilidad y facilidad para llegar hasta la puerta de los predios, el microzanjado está ganando mucho terreno en el despliegue de las redes FTTx la cual se hace realmente complicado si se tuviera que realizar con la construcción convencional, inclusive la red FTTH puede ser desplegada sin problema y en menos tiempo. Las redes FTTx es la siguiente generación de redes ópticas para obtener mayor ancho de banda y confiabilidad hacia el cliente final.

3.4 Máquinas de corte

Existen diferentes tipos de máquinas de corte que utilizan diferente proceso de corte las cuales son usadas para cortar el asfalto.

Las velocidades de corte van a depender de parámetros de la misma maquina así como los parámetros de corte predefinido en el diseño del proyecto. Su uso y funcionamiento de estas máquinas de corte depende del proveedor la cual ofrecen diferentes ventajas para cada una de ellas en las Figuras 3.4, 3.5, 3.6 y 3.7 se muestran las diferentes opciones que existen para este tipo de máquinas.



Figura 3.4 Ditch Witch RT-55 (Fuente Ref. [4])



Figura 3.5 Husqvarna FS 6600 (Fuente Ref. [5])



Figura 3.6 Simex T-300 (Fuente Ref. [6])

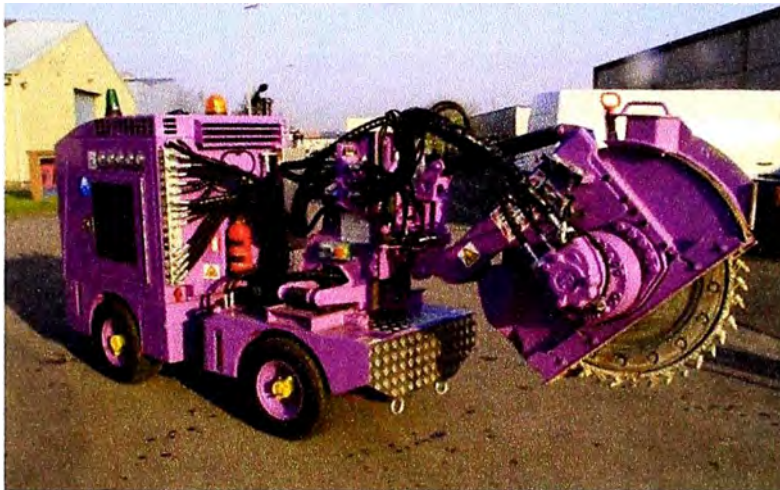


Figura 3.7 Marais RT80 (Fuente Ref. [6])

3.5 Proceso para saber el tipo de zanja

Debido a la variedad de discos tanto en diámetro como en anchura, ductos a instalar y dependiendo de la aplicación que se quiera dar, es muy importante tener el detalle de la microzanja a nivel milimétrico.

Para diseñar una red microcanalizada se debe tener en cuenta los requerimientos de la red, una vez dimensionado el ancho de banda a usar y sus aplicaciones que va a tener la red de fibra óptica lo siguiente es encontrar el cable de fibra óptica que satisfaga el requerimiento inicial tanto en la parte óptica como en la parte física, una vez determinado el cable podremos saber de qué tamaño será el ducto o canaleta que lo contendrá y cuantos ductos serán necesarios para la red incluyendo su futura expansión, con estos datos ya se puede determinar las medidas de la microzanja como altura y el ancho, con lo que se podrá escoger el disco idóneo para la tarea.

3.6 Calculo de la velocidad de corte

El cálculo de la velocidad de corte es muy importante para poder proyectar lo que puede demorar un proyecto, para esto no existe una formula 100% precisa, por el contrario lo que existe son experiencias y pruebas realizadas por el fabricante de las maquinas cortadoras y sus discos que obtienen bajo ciertos parámetros un promedio de avance diario. Esto va a depender de varios factores, entre ellos los más importantes:

- Composición de terreno
- Profundidad de corte
- Ancho de la microcanalización
- Tipo de corte
- Máquina de corte
- Tipo de disco de corte

Por lo que es importante analizar previamente el terreno y hacer la consulta respectiva con los fabricantes y que en base a su análisis en laboratorio puedan recomendar las máquinas y discos adecuados para el terreno con una eficiencia adecuada para poder calcular el tiempo de la obra.

Por otro lado en la mayoría de casos la velocidad de corte está en el siguiente rango:

$$200 < \frac{\text{metros}}{\text{dia}} < 500$$

Esto es un rango muy genérico pero es suficiente para notar la diferencia que existe con el canalizado convencional en el que la velocidad de la canalización podría llegar a 30 – 50 metros por día.

3.7 Calculo de residuos generados

Como se puede intuir gran parte de los costos de los trabajos de canalización es el movimiento de tierra que se tiene que absorber debido al trabajo intrínseco que conlleva este tipos de proyectos.

Para la microcanalización se logra minimizar este costo debido a la optimización que se hace cuando se realiza la microcanalización en comparación con la canalización convencional.

Realicemos un cálculo para un corte de 1000m lineales como se muestra en Tabla 3.1:

Tabla 3.1 Cálculo de residuos (Fuente: Elab. Propia)

Característica	Zanja convencional	Microcanalización
Distancia(m)	1000	1000
Anchura(m)	0.3	0.015
Profundidad(m)	0.3	0.3
Volumen (m ³)	90	4.5
Esponjamiento	20%	20%
Volumen final(m ³)	108	5.4
Diferencia de volumen por cada 1000m		102.6

Como se observa estaremos ahorrando 102.6m³ los cuales significa 90% menos movimientos de tierra. Esto a su vez tiene impacto al momento de realizar el resane del corte debido a que de la misma forma vamos a ahorrar la misma cantidad de volumen de resane.

3.8 Comparación de costos

Actualmente los costos debido al trabajo propio de la microcanalización están por debajo del 50% con respecto a los costos de la canalización convencional, esto se puede apreciar en la Tabla 3.2, y es debido en gran parte al mínimo movimiento de tierras que se genera así como a la maquinaria involucrada en la ejecución del trabajo mínimo.

Tabla 3.2 Comparación de costos (Fuente: Elab. Propia)

Microcanalización	Zanja convencional
US\$32-US\$35	US\$85-US\$90

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Descripción del proyecto

La infraestructura de fibra está conformada por 4 enlaces independientes que involucran los locales de MSO1, MSO2 y los nodos internacionales de nuestros proveedores Level 3 y Telefónica Internacional Wholesale (TIWS) y darle continuidad para cerrar el anillo entre MSO1 y MSO2.

Aplica a la planta externa ubicada en los distritos limeños por donde discurre el anillo óptico materia del presente proceso (Miraflores, San Isidro, Lince, La Victoria, San Borja, Surco, Surquillo). Aplica además a la planta interna desde las cámaras de telecomunicaciones ubicadas en MSO1, MSO2, TIWS y Level 3 hasta la terminación adecuada en los ODFs en cada caso.

1er Enlace: MSO1 – TIWS

2do Enlace: MSO2 – TIWS

3er Enlace: MSO1 – Level 3

4to Enlace: MSO2 – Level 3

En la Tabla 4.1 se muestra la distancia por cada tramo así como la distancia total del recorrido, en la Figura 4.1 se muestra un plano de todo el anillo.

Tabla 4.1 Longitud de microcables entre locales (Fuente: Elab. Propia)

ITEM	RUTA	LINEAL(m)	RESERVA(m)	ACCESO(m)	TOTAL(m)
1	MSO1-L3	11220	1680	200	13100
2	L3-MSO2	2888	420	200	3508
3	MSO2-TWIS	5508	810	200	6518
4	TWIS-MSO1	4834	720	200	5754
		24450	3630	800	28880



Figura 4.1 Plano del recorrido total (Fuente: Elab. Propia)

4.2 Requisitos para la construcción de la red backbone

- El corte del microcanalizado se realizara entre 15cm a 20cm de distancia de la berna con el objetivo de evitar pequeños derrumbes al momento del corte y también de disminuir la obstaculización vehicular.
- Se planea llevar 72 hilos de fibra óptica entre el edificio de Miraflores y el edificio de San Borja las cuales terminaran en un conector LC
- Para el diseño de la red se colocaron las cámaras prefabricadas para que minimizaran los cortes de bobinas y por consecuencia que exista la mínima cantidad de empalmes rectos en el anillo disminuyendo la perdida de potencia en los enlaces.
- Se colocaran cámaras prefabricadas (H: 60.9cm, A: 55.25cm, L: 84.5cm) aproximadamente cada 2km, estas cámaras podrían o no tener cajas de empalmes, son estas cámaras en donde se van a encontrar empalmes rectos para darle continuidad al anillo.
- Se estableció que se iban a tener 10 secciones de tramos continuos lo que origina un total de 9 empalmes recto en el backbone.
- Se colocaran cámaras CAN aproximadamente cada 200m, la razón de estas cámaras es para futuras expansiones y para un tema de mantenimiento
- Las cámaras de entrada a los edificios de Nextel serán del tipo XA.
- El tendido se realizara una vez llegada a una cámara prefabricada, esto para poder guardar el cable sobrante en caso fuese necesario y evitar cortes del cable del carrete de forma innecesaria.

- El resane se comenzara un día después de haber colocado la canaleta con la finalidad de que no exista mucha diferencia entre el día en el cual se coloca la canaleta con la colocación del resane.

4.3 Criterios para la selección de la fibra óptica

Para seleccionar la fibra óptica se debe tomar en cuenta las especificaciones técnicas proporcionadas por el cliente, en este caso el cliente solicitaba un cable de fibra óptica que sea compatible con las tecnologías DWDM y SDH con longitudes de onda de 1310nm y 1550nm, por lo que se optó por utilizar para la fibra óptica el estándar ITU-T G.652D y para el cable de fibra se tiene las siguientes consideraciones:

- Tubo Holgado: Por ser el más adecuado para planta externa
- Optimizado para soplado: Por ser la técnica más usada para microzanjado

Con las consideraciones mencionadas se optó por un cable de la familia Corning: MiniXtend Cable, LT, A-DQ (ZN) 2Y, 6x12 E9/125 (OS2), en la Figura 4.2 se muestra la composición física del cable así como en la Tabla 4.2 se detalla sus especificaciones.

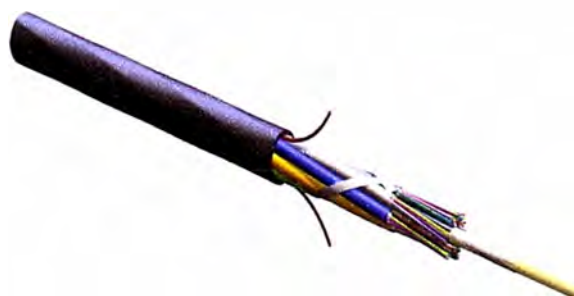
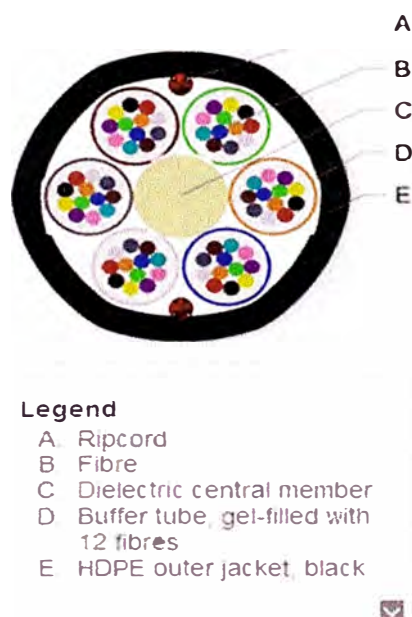


Figura 4.2 Microcable Corning (Fuente Ref. [6])

Tabla 4.2 Ficha técnica de FO (Fuente Ref. [6])

General Specifications

Environment	Outdoor
Application	Miniduct
Recommended inner diameter of microduct	8 mm
Cable Type	Stranded Loose Tube
Product Type	Dielectric
Fibre Category	SM (OS2)
Classification ITU-T.G	652.D

Cable Design

Central Element	Dielectric
Fibre Count	72
Fibre colouring	Blue, orange, green, brown, grey, white, red, black, yellow, violet, pink, turquoise
Fibres per Tube	12
Number of Tube Positions	6
Number of Active Tubes	6
Buffer tube colour	Blue, orange, green, brown, grey, white
Buffer tube diameter	1.4 mm
Tape	Water-swella
Number of Ripcords	1
Outer Jacket Material	High Density Polyethylene (HDPE)
Outer Jacket Colour	black
Outer Jacket Nominal Thickness	0.5 mm
Cable Marking	Metre - Handset - Sine - CORNING - Year - A-DQ(ZN)2Y 6 x 12/125

Mechanical Characteristics Cable

Nominal Outer Diameter	5.3 mm
Weight	23 kg/km
Min. Bend Radius Installation	106 mm
Min. Bend Radius Operation	79.5 mm
Max. Tensile Strengths, Short-Term	350 N
Crush Resistance (reversible)	1000 N/10cm
Water penetration (0.1bar/24 h)	≤1 m

4.4 Procedimiento constructivo

Para este punto se realizara el análisis sobre el tramo realizado en el distrito de Lince el cual tiene:

- Distancia de corte de 1992m
- 10 cámaras CAN
- 4 cámaras de prefabricadas (alojamiento de cajas de empalme)

En la Figura 4.3 se muestra el recorrido que se debe de dar para este distrito.



Figura 4.3 Plano para la M. Lince (Fuente: Elab. Propia)

4.4.1 Trabajos previos diarios

Previo a los trabajos a realizar ya sean microzanja, canalización en túneles, canalización en puentes se deberá proceder a:

- Pedir permiso a las entidades competentes (GTU, SAU, Municipalidades, etc.) en los respectivos tramos a trabajar, estos trámites podrían durar entre 1 a 3 meses dependiendo de las particularidades del proyecto y las diferentes entidades a las que se esté solicitando el permiso.

- Localización de algún servicio posible a afectar con los trabajos proyectados, estos impactos se pueden evitar utilizando un georadar mostrado en la Figura 4.4 la cual puede tener una profundidad de detección de 80cms.
- Antes de comenzar los trabajos se deberá proceder con la correcta señalización de tránsito correspondientes que garantice la seguridad mientras se ejecutan las obras.



Figura 4.4 Georadar (Fuente Ref. [5])

4.4.2 Excavación de microzanjas

Es la actividad crítica de la obra, de ella dependerá en gran medida el Programa de Trabajos. La excavación en zanja se realizará mediante zanjadora Husqvarna FS6600D. Esta máquina nos va a dar un rendimiento aproximado de 150m diarios de corte a una profundidad de 25cm con un ancho de 1.25cm de microzanja como se ve en la Figura 4.5, para el presente trabajo se utilizaron 2 cortadoras con lo que se obtenía 300m diarios de corte, la cual se puede observar en la Figura 4.6.

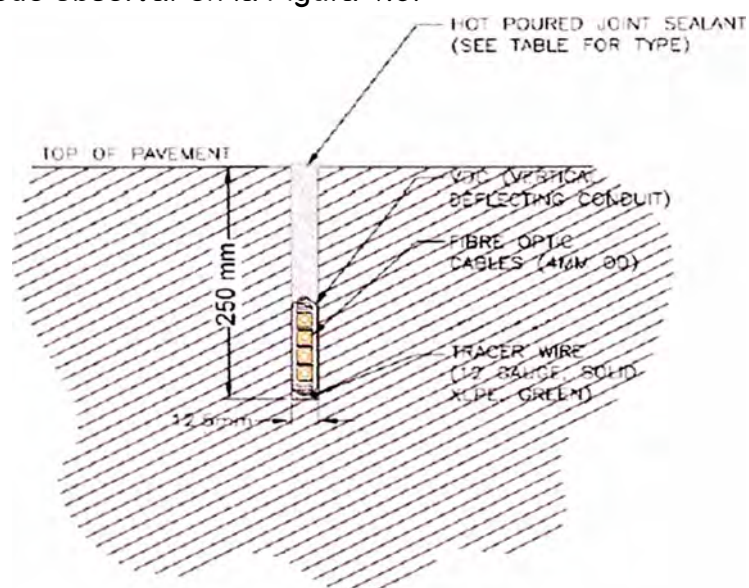


Figura 4.5 Esquema de microzanja (Fuente Ref. [5])



Figura 4.6 Maquina cortadora (Fuente: Elab. Propia)

A. Actividades del proceso de corte

Cuando se realiza un corte con la Microzanjadora se debe considerar:

- Proceso de corte
- Limpieza de zanja dejando esta apta para poder colocar la canaleta
- Proceso de retiro del material extraído

4.4.3 Colocación de cámaras de paso

- Se prevé instalar dos tipos de cámaras: **(1)** cámaras pequeñas de paso de forma octogonal de diámetro aproximado 50cm x 60cm de profundidad con tapa de acero fundido que soporte 40 toneladas de carga, estas cámaras estarán ubicadas cada 150m a 200m y se usan para facilitar las labores de mantenimiento correctivo y trabajos de ampliación de la capacidad de la red; ejemplo, instalar microcables adicionales en el futuro en las vías libres, **(2)** cámara grande prefabricada de dimensiones aproximadas 55cm x 85cm x 60cm de profundidad, ubicada en la vereda y con capacidad para realizar gran cantidad de empalmes y derivaciones; se prevé instalar estas cámaras en las veredas a fin de facilitar grandemente los trabajos de ampliación y de reparación de red; se prevé estas cámaras ubicadas cada 2Km aproximadamente.
- Se considera que las 2 cámaras para el MSO1 y las 2 para el MSO2, serán del tipo XA hechas de concreto armado reforzado con fierro y de medidas aproximadas 110cm x 120cm y 170cm de profundidad.

4.4.4 Procedimiento de instalación de microcanaleta

Con el siguiente procedimiento de tendido propio de Teraspan se puede llegar a tender longitudes muy largas debido a que no existe una fuerza efectiva sobre el cable por lo contrario la fuerza se aplica sobre la canaleta, sin embargo por un tema de algún futuro mantenimiento las cámaras están colocadas cada 200m.

A. Preparación de la herramienta de ensamblaje

La herramienta se gira la platina de aseguramiento por medio de una llave hexagonal de acuerdo a la Figura 4.7, su accesorio correspondiente y se asegura por medio de una llave Allen.



Figura 4.7 Preparación de Herramienta de ensamblaje (Fuente Ref. [5])

Colocación de la mitad de la canaleta para ensamblar el ducto vertical, se coloca primero el de la base y se ubica en el lado inferior de la herramienta de ensamblaje y se llega hasta los rodillos de ensamblaje, de acuerdo a la Figura 4.8



Figura 4.8 Colocación de la primera canaleta en la herramienta de ensamblaje (Fuente Ref. [5])

Colocación de la segunda mitad de la canaleta y se ubica en el lado superior de la herramienta de ensamblaje y se llega hasta los rodillos y se cierra el rodillo hasta que sobresalga unos 2 cm de las canaletas de acuerdo a la Figura 4.9

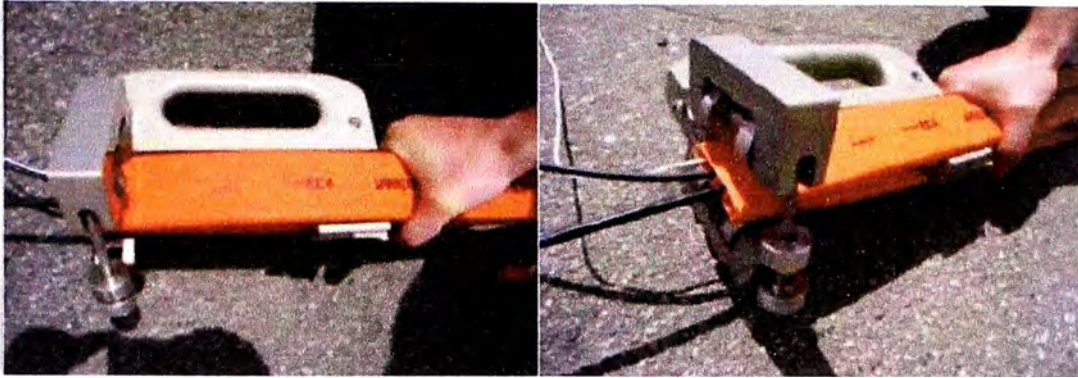


Figura 4.9 Colocación de la segunda canaleta en la herramienta de ensamblado (Fuente Ref. [5])

Ajuste de los rodillos y ensamblaje de las canaletas para formar el Ducto Vertical, enróscar la tuerca circular hasta que el ensamble de ambas canaletas esté asegurada se escucha la traba del armado, de acuerdo a la Figura 4.10



Figura 4.10 Ajustes de los rodillos (Fuente Ref. [5])

Asegurar el armado del ducto vertical, los cables y las guías para iniciar el ensamblado del ducto vertical y los cables de acuerdo a la Figura 4.11.

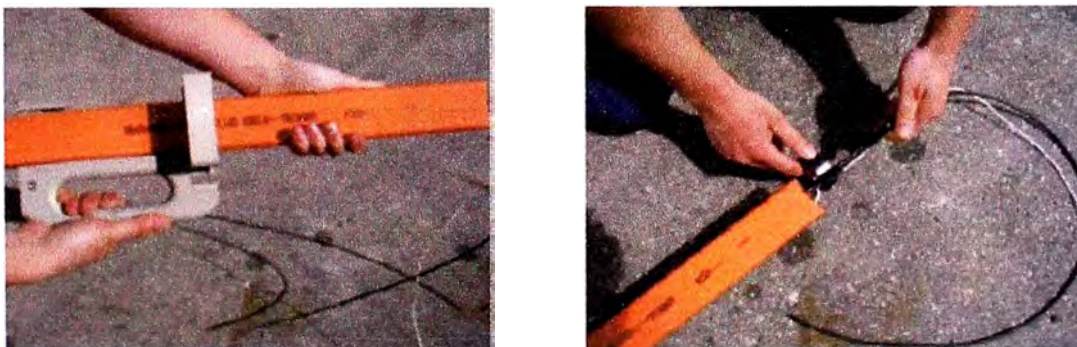


Figura 4.11 Ensamblando las dos canaletas (Fuente Ref. [5])

B. Instalación del microcable en el ducto.

Una vez se ha asegurado la herramienta de ensamble a las medias canaletas, asegurado el (los) cable(s) y las guías en su caso, se procede a juntar el ducto vertical por lo menos un metro a una velocidad lenta sujetando la herramienta con una mano y

con la otra guiando el ducto vertical armado y posteriormente se puede realizar a una mayor velocidad el armado del ducto vertical el largo preestablecido, ver Figura 4.12.



Figura 4.12 Unión de canaletas (Fuente: Elab. Propia)

La instalación del ducto vertical armado se deberá inmediatamente introducir dentro de la microzanja para asegurar la protección de los cables y no pueda ser dañado por elementos extraños de acuerdo a la Figura 4.13.



Figura 4.13 Instalación del ducto vertical en la microzanja (Fuente Ref. [5])

Cuando los tramos sean mayores a 100 metros, el uso de curvas horizontales, curvas verticales y secciones de cambio de nivel es necesario utilizar los protectores de empalme de acuerdo a la Figura 4.14, el traslape en el caso de tramos rectos será de medio metro en la unión se utilizará dos protectores, en las curva y cambios de nivel se debe de utilizar los protectores de empalme el traslape debe de ser de por lo menos 15 cm.



Figura 4.14 Protectores de empalme de canaleta (Fuente: Elab. Propia)

C. Consideraciones de tendido de la canaleta y el cable.

- La distancia mínima considerada entre la parte superior de la canaleta y el nivel de la calzada será de 20cm (25cm si consideramos la altura de la canaleta), tal como lo muestra el diagrama.
- Todo el recorrido es microcanalizado, no existiendo ninguna porción de red aérea o subterránea convencional.
- Se consideró el empleo de la canaleta VDC-4 (04 vías). De las cuales solo se iba a usar una de ellas, dejando 3 vías para futuras expansiones.
- Se considera el empleo de microcable óptico marca Corning-USA de 72 fibras ópticas G.652D, diámetro externo de 5,3mm a ubicarse en la vía más baja de la microcanaleta.

4.4.5 Relleno de microzanja

Una vez instalado el ducto vertical dentro de la zanja, se rellenará de arena y posteriormente dependiendo del material a resanar se repondrá con material asfáltico en frío o en caliente.

Una vez culminado se colocará los señalizadores de terreno rígido o suelto para jardín y tierra y el acabado se mostrarán de acuerdo a la Figura 4.15.



Figura 4.15 Resane de la microcanalización (Fuente: Elab. Propia)

4.4.6 Señalización de obras

Previa realización de los trabajos deberá procederse a la colocación de la señalización de obras móviles y fijas, según normativa vigente, que garanticen la seguridad mientras se ejecuten las obras.

4.4.7 Cronograma de actividades para este tramo

El trabajo realizado sobre este tramo demoró 10 días en total, con un rendimiento promedio de 300m usando una máquina de corte se llegó a realizar el trabajo de corte efectivo (Corte y Limpieza) en 7 días como se ve en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Cronograma de Actividades (Fuente: Elab. Propia)

DESCRIPCIÓN/ PARTIDAS	DIAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1992 METROS DE MICROCANALIZACIÓN EN CONCRETO-ASFALTO	■	■	■	■	■	■	■			
INSTALACIÓN DE 10 CÁMARAS DE PASO CAM-2 (40CM DE DIÁM. X 69CM DE PROF.)						■	■	■		
INSTALACIÓN DE 02 CÁMARAS PREFABRICADA SGLB1730 DE 0.609MX0.552MX0.845M.						■	■	■		
INTALACION DE CANALETA Y FO								■	■	■
RESANE DE ASFALTO - CONCRETO								■	■	■

Para las cámaras CAN y PREFABRICADA, la instalación se realizó en paralelo logrando terminarlas en 3 días, para luego realizar la instalación de las canaletas con la FO.

4.5 Empalme y certificación de fibra óptica.

4.5.1 Empalmes

Los empalmes fueron realizados mediante la técnica de fusión, a pedido del cliente estos empalmes no deberían superar el 0.1dB por empalme en el resultado bidireccional.

Cabe mencionar que el método de empalme para microcables es idéntico al método de empalme para cables convencionales debido a que lo que cambia entre un cable convencional y el microcable es el recubrimiento, como se explicara este recubrimiento se debe retirar para realizar cualquier empalme, en la Figura 4.16 se muestra una máquina de empalme.

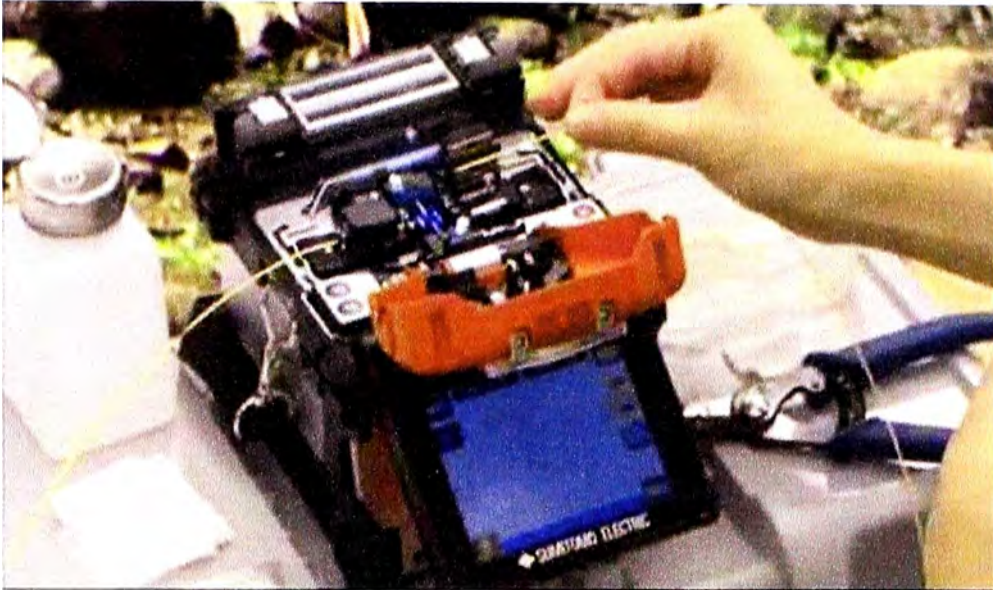


Figura 4.16 Maquina de empalmar (Fuente Ref. [6])

A. *Proceso de empalme*

- Se Identifica el tipo de fibra con el cual se trabajara, MM o SM, para seleccionar en el menú de la fusionadora el tipo de fusión de acuerdo al tipo de fibra.
- Se retiran los recubrimientos de protección, aproximadamente unos 10 cm, se utiliza una pinza especial con el cuidado de no cortarla y de extraer por completo la cubierta de protección.
- Se coloca el protector del empalme en uno de los cables de FO con la precaución de no dañar.
- Se coloca cada FO en la máquina de corte, a una longitud deseada. La herramienta de corte como se aprecia en la Figura 4.17 está basada en el rayado del vidrio y partido por presión, la fibra debe por tanto estar completamente limpia, sin residuos de recubrimiento, lo cual nos impedirá que la fibra sea cortada.



Figura 4.17 Cortadora (Fuente Ref. [6])

- Una vez cortada cada FO, se deberá mantener en lugar limpio.
- La fibra se coloca dentro de la maquina fusionadora una en cada extremo, a las distancias indicadas en el equipo. Una vez asegurados las dos fibras, se coloca la tapa y se presiona el botón de set, se inicia de esta manera el proceso automático de fusión, vea la Figura 4.18.

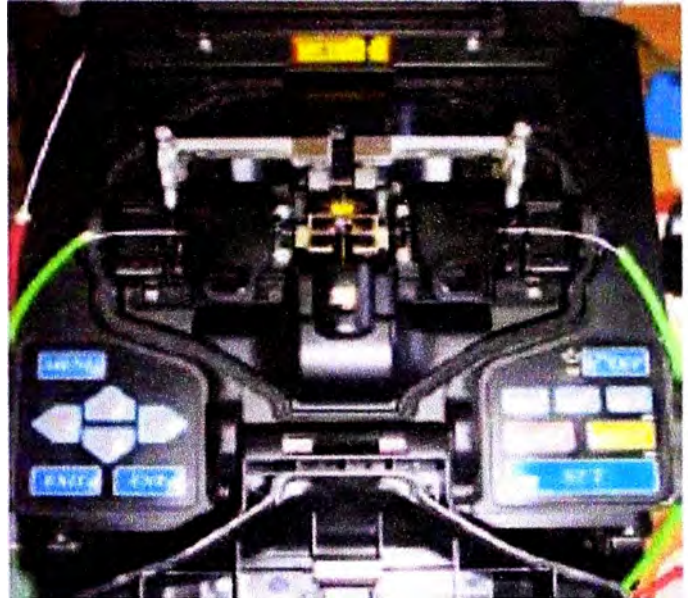


Figura 4.18 Preparación de empalme (Fuente Ref. [6])

- A partir de un alineamiento efectivo se produce la fusión por arco eléctrico. Si por alguna razón el equipo detecta la existencia de alguna partícula, en este punto del procedimiento, la fusión tendrá problemas y el equipo despliega el mensaje de burbuja en la fibra. Para corregir este problema hay que repetir todo el procedimiento de limpieza y corte para evitar que la fibra óptica tenga impurezas que impidan la unión con otra fibra óptica.
- Terminada la fusión se debe colocar la protección o tubo y proceder a quemar.
- Luego con cuidado se debe colocar en las cajas de empalmes.

4.5.2 Parámetros de prueba

La totalidad de los enlaces fueron probados con equipo de medición de reflectometría OTDR FTB 150 de la Marca EXFO.

- **Longitud de onda.** Se realizarán medidas a 1310nm y 1550nm.
- **Ancho de pulso.** 100ns para ambas ventanas.
- **Factor helicoidal.** Se utiliza un valor del 0% para obtener lecturas de longitud óptica medida en metros.
- **Índice de grupo (IOR).** Según fabricante
- **Tiempo de adquisición.** 30 segundos por ventana

4.5.3 Pruebas reflecto métricas del anillo

Ubicación A :	NEXTEL MIRAFLORES - MSO1
Ubicación B :	NEXTEL SAN BORJA - MSO2
Fabricación del cable :	CORNING- MONOMODO
Perdida promedio:	4.127dB

Tabla 4.4 Pruebas reflectométricas (Fuente: Elab. Propia)

# FIBRA	Atenuación Promedio(dB/km)	Atenuación Total de empalme(dB)	Atenuación Total(dB)
FIBRA 01	0.323	0.047	4.141
FIBRA 02	0.333	-0.032	4.157
FIBRA 03	0.314	0.1516	4.150
FIBRA 04	0.313	0.255	4.185
FIBRA 05	0.322	0.242	4.284
FIBRA 06	0.322	0.093	4.120
FIBRA 07	0.314	0.129	4.078
FIBRA 08	0.317	0.046	4.022
FIBRA 09	0.328	0.029	4.122
FIBRA 10	0.323	0.095	4.106
FIBRA 11	0.326	0.084	4.120
FIBRA 12	0.325	0.143	4.164
FIBRA 13	0.324	0.01	4.116
FIBRA 14	0.327	-0.076	4.080
FIBRA 15	0.307	0.202	4.168
FIBRA 16	0.322	0.21	4.236
FIBRA 17	0.318	0.18	4.176
FIBRA 18	0.323	0.073	4.128
FIBRA 19	0.314	0.229	4.234
FIBRA 20	0.322	0.083	4.140
FIBRA 21	0.331	-0.093	4.096
FIBRA 22	0.321	0.044	4.063
FIBRA 23	0.320	0.116	4.132
FIBRA 24	0.326	0.011	4.094
FIBRA 25	0.337	0.081	4.338
FIBRA 26	0.323	0.019	4.084
FIBRA 27	0.315	0.22	4.222
FIBRA 28	0.340	0.138	4.193
FIBRA 29	0.327	0.035	4.147
FIBRA 30	0.322	0.22	4.258
FIBRA 31	0.309	0.204	4.126
FIBRA 32	0.314	0.145	4.119
FIBRA 33	0.322	0.014	4.044

FIBRA 34	0.319	0.093	4.104
FIBRA 35	0.308	0.058	4.065
FIBRA 36	0.318	0.077	4.062
FIBRA 37	0.241	0.123	4.010
FIBRA 38	0.307	0.033	4.007
FIBRA 39	0.325	0.092	4.188
FIBRA 40	0.322	0.006	4.080
FIBRA 41	0.327	-0.072	4.071
FIBRA 42	0.348	0.044	4.188
FIBRA 43	0.325	-0.019	4.081
FIBRA 44	0.330	-0.057	4.012
FIBRA 45	0.321	0.199	4.139
FIBRA 46	0.327	-0.009	4.090
FIBRA 47	0.318	0.133	4.148
FIBRA 48	0.323	0.126	4.141
FIBRA 49	0.354	0.03	4.111
FIBRA 50	0.330	0.179	4.283
FIBRA 51	0.317	0.283	4.272
FIBRA 52	0.324	-0.036	4.077
FIBRA 53	0.322	-0.362	4.023
FIBRA 54	0.324	0.086	4.154
FIBRA 55	0.323	0.212	4.147
FIBRA 56	0.339	0.024	3.996
FIBRA 57	0.328	0.165	4.179
FIBRA 58	0.314	0.032	4.008
FIBRA 59	0.317	0.005	4.068
FIBRA 60	0.328	0.164	4.110
FIBRA 61	0.321	0.082	4.094
FIBRA 62	0.323	0.087	4.130
FIBRA 63	0.311	0.122	4.109
FIBRA 64	0.323	-0.007	4.048
FIBRA 65	0.311	0.1	4.048
FIBRA 66	0.324	0.006	4.060
FIBRA 67	0.315	0.266	4.245
FIBRA 68	0.328	0.137	4.140
FIBRA 69	0.323	0.145	4.151
FIBRA 70	0.361	-0.046	4.172
FIBRA 71	0.330	0.056	4.133
FIBRA 72	0.322	0.088	4.126

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base al informe realizado se concluye lo siguiente:

1. A pesar de la protección mecánica que tiene este nuevo sistema se concluye que es propenso a los eventos físicos, muchas veces por un tema desconocimiento de un agente externo y por falta la poca ayuda que se tiene de las municipalidades todavía para poder difundir este nuevo sistema.
2. Se concluye que los costos y el tiempo de despliegue de la red se reducen considerablemente cuando se usa microzanjado en comparación con una construcción convencional.
3. Se concluye que el microzanjado tiene una mínima intrusión que se realiza al momento de la construcción, evitando así cierre de calles y avenidas, y afectando en lo más mínimo al vecino.
4. Se concluye que los residuos generados así como el costo para el manejo del desmonte generado por la técnica microzanjado es mucho menor en comparación con la construcción convencional.

En base al informe realizado se recomienda lo siguiente:

1. Se recomienda llevar acabo un diseño más cuidadoso teniendo en cuenta los posibles cambios del terreno para minimizar los eventos de ruptura de fibra óptica.
2. Se recomienda explorar la ruta por la que se va a realizar el diseño de la red de fibra óptica mediante la técnica de microzanjado y analizar la ubicación de las cajas de distribución tomando en cuenta futuras expansiones del cliente.

3. Antes de realizar la ejecución del proyecto se recomienda verificar que las personas encargadas de realizar el trabajo hayan tenido una capacitación de este nuevo sistema de instalación, ya que sin el correcto manejo de las herramientas y equipos el proceso podría resultar degradado y tedioso.
4. Se recomienda que para este tipo de instalaciones se tenga un soporte de mantenimiento continuo que recorra todo la red de planta externa a fin de evitar cualquier ruptura por agentes externos.
5. El sistema de microcanalizado es un sistema de instalación nuevo el cual todavía se está desarrollando en nuestro país, por tal motivo se recomienda se debe tener especial cuidado en todo el proceso de despliegue de la nueva red.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Antonio Rodríguez Suárez. *Comunicaciones Ópticas*, Bellisco, 2ª ed. Madrid, 2005.
- [2] José Martín Sanz. *Comunicaciones Ópticas*, Paraninfo, Madrid, 1996.
- [3] Baltasar Rubio Martínez. "Historia y evolución de la fibra óptica". En *Introducción a la ingeniería de fibra la óptica*. Addison-Wesley Iberoamericana, Buenos Aires, 1994.
- [4] <http://www.gm-plast.dk/>
- [5] <http://www.teraspan.com/index.php>
- [6] <http://microzanjas.com/convencional/>
- [7] <http://www.betek.de/>

ANEXO A

COSTO DEL PROYECTO

Ítem	Descripción	Unidad	Costo Unitario US\$	Total US\$
1	Diseño del proyecto	Glb	69125	69125
2	Permisos municipales	Glb	59400	59400
3	Gestión y supervisión del proyecto	Glb	6000	6000
4	Cámaras del tipo 1	Und	600	73200
5	Cámaras del tipo 2	Und	500	7000
6	Materiales	Glb	355000	355000
7	Cable de fibra óptica	m	1.99	57710
8	Construcción de microzanja	m	14.7	653415
9	Cajas de empalme	Und	280	3080
10	ODFs y terminaciones de fibra	Und	4000	8000
11	Prueba de aceptación de la fibras ópticas	Und	37680	37680

Total de construcción US\$ 1329610

ANEXO B

LISTADO DE CALLES

DISTRITO	NOMBRE DE LA VIA	ENLACE
San Borja	Ca. Velezmoro	MSO2-LEVEL3
San Borja	Av. Circunvalación	MSO2-LEVEL3
Surco	Av. Javier Prado Este	MSO2-LEVEL3
Surco	Av. Manuel Olguín (2-10)	MSO2-LEVEL3
Surco	Ca. La Emancipación (1)	LEVEL3-MSO1
Surco	Av. El Polo (1-4)	LEVEL3-MSO1
Surco	Av. Angamos Este (1-12)	LEVEL3-MSO1
Surquillo	Av. Angamos Este (6-26)	LEVEL3-MSO1
Miraflores	Av. Angamos Oeste (1-10)	LEVEL3-MSO1
Miraflores	Av. Santa Cruz (11 - 12)	LEVEL3-MSO1
Miraflores	Av. Ejército (1-2)	LEVEL3-MSO1
Miraflores	Av. El Ejército(2-6)	MSO1-TIWS
Miraflores	Ca. Ignacio Merino (3-8)	MSO1-TIWS
Miraflores	Ca. Francisco Tudela y Varela(2-4)	MSO1-TIWS
San Isidro	Ca. Francisco Tudela y Varela (1)	MSO1-TIWS
San Isidro	Av. Camino Real (1-12)	MSO1-TIWS
San Isidro	Av. Jorge Basadre (Orranta) (1-2)	MSO1-TIWS
Lince	Jr. Soledad (1-3)	MSO1-TIWS
Lince	Av. Ignacio Merino (26-18)	MSO1-TIWS
Lince	Av. Juan Pardo de Zela (5-8)	TIWS-MSO2
La Victoria	Av. Canadá (1-13)	TIWS-MSO2
San Borja	Av. Canadá	TIWS-MSO2
San Borja	Av. Rosa Toro	TIWS-MSO2
San Borja	Av. Julio Bayletti	TIWS-MSO2
San Borja	Ca. Enrique Miranda	TIWS-MSO2
San Borja	Ca. Gral. Miguel Cema	TIWS-MSO2
San Borja	Jr. Lizarzaburo	TIWS-MSO2