

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **PROYECTO DE TÓPICO DE GRADUACIÓN**

### **TÍTULO**

#### **DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON TRANSMISIÓN SDH PARA LA INTERCONEXIÓN DE LAS CENTRALES DE TRÁNSITO DE GUAYAQUIL Y MACHALA CON LA CENTRAL HUAQUILLAS AL CORREDOR ANDINO DIGITAL**

Héctor Branly Guerrero Bravo<sup>1</sup>, Cristhian Ayón<sup>2</sup>, Yasmin Aroca Mosquera<sup>3</sup>  
Ernesto Molineros<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Electrónico 1998

<sup>2</sup>Ingeniero Electrónico 1998

<sup>3</sup>Ingeniero Electrónico 1998

<sup>4</sup>Director de Tópico, Ingeniero Eléctrico especialización Electrónica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil – Ecuador, 1975.  
Profesor de Espol desde 1993.

## **RESUMEN**

El tema a tratar será, el Diseño de una Red de Fibra Óptica con Transmisión SDH para la interconexión de las Centrales de Tránsito Guayaquil - Machala con la Central Huaquillas como parte del Corredor Andino Digital la cual servirá para la formación futura de un anillo sur formado por las ciudades de Guayaquil, Machala, Loja y Cuenca del cual se detalla la capacidad de multiplexado requerido.

Se describen los aspectos generales de la Planificación de una Red Telefónica a ser considerados en el Proyecto.

Además se presenta una descripción de la Red Existente para la ruta tratada en el Proyecto, así como también la tecnología utilizada en la misma.

Una breve exposición de los diferentes tipos de tendido del cable de fibra óptica y la selección del método más adecuado para el Proyecto.

Se describe en detalle el recorrido a seguir por la Fibra Óptica entre las Centrales del diseño.

Se dejará una capacidad adicional en el anillo SDH para las contingencias originadas por el cable panamericano o el sistema satelital.

Finalmente se detallan las especificaciones técnicas de los equipos utilizados, así como también del tipo de fibra óptica utilizada en el Proyecto.

## INTRODUCCION

El constante incremento en la demanda de Información rápida y actualizada capaz de insertar al Ecuador dentro del mundo globalizado será sólo uno de los beneficios inmediatos de la construcción y puesta en marcha de uno de los prometedores proyectos de la Empresa de Telecomunicaciones del Pacífico (Pacifictel) como es el de la Interconexión de los principales centros de desarrollo del Ecuador en este caso Guayaquil y Machala a la red de Telecomunicaciones Mundiales por Fibra Optica para lo cual se planea Interconectar a las Centrales de Tránsito de Guayaquil y Machala vía fibra óptica al Corredor Andino Digital el cual está conformado por el Cable Submarino Panamericano (Fibra Optica en el lecho del mar) y con este a su vez a los diferentes Cables Submarinos de Fibra Optica que circundan el Atlántico y que Interconectan Continentes proporcionando todos los servicios de telecomunicaciones existentes como son: Teléfono, Video, Fax, Telefax, Televisión, Internet y todos los servicios requeridos por Corporaciones Públicas y Privadas como son la Videoconferencia, Servicios de Redes Privadas (Intranet), ISDN (Integrated Service Digital Network), etc.

La fibra óptica es un medio de transmisión de la luz que ha adquirido una importancia inimaginable. Este conductor es capaz de cumplir las funciones de radioenlace, de un enlace por cable multipar o coaxial, o hasta reemplazar a los mundialmente conocidos satélites. Es tal su importancia que naciones de todo el mundo se encuentran desarrollando proyectos para implementar redes en las cuales la fibra óptica será su principal medio de transmisión.

## CONTENIDO

Nuestro proyecto es realizar un diseño de una red de fibra óptica con transmisión SDH para la interconexión de las Centrales de Tránsito de Guayaquil y Machala con la Central Huaquillas al corredor andino digital.

El Corredor Andino Digital es la autopista que integra las telecomunicaciones en la subregión andina (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia). Este proceso se inició en 1994 con el Plan Maestro del Sistema Andino de Telecomunicaciones coordinado por ASETA (Asociación de Empresas de Telecomunicaciones del Acuerdo Subregional Andino), la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y Empresas miembros de ASETA: CANTV (Venezuela), TELECOM (Colombia), PACIFITEL (Ecuador), Telefónica (Perú) y ENTEL (Bolivia).

El corredor andino incluye rutas terrestres, satelitales y submarina, interconectando totalmente y en forma digital a los cinco países de la subregión y a esta con el resto del mundo, como se muestra en la figura 1.

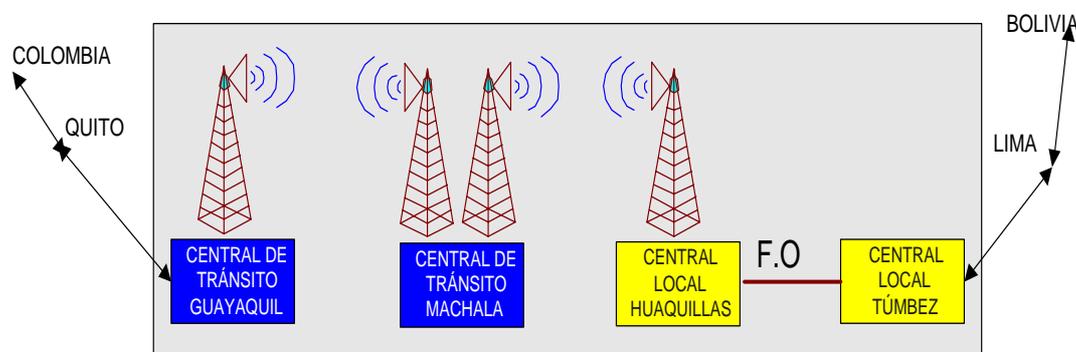
**Fig. 1.- Corredor Andino Digital**

Nuestro proyecto formará parte de la Interconexión Digital Terrestre del Corredor Andino.

Primeramente para llevar a cabo este proyecto nosotros tuvimos que realizar un estudio de la red existente entre las Centrales de Tránsito Guayaquil-Machala y de la Central Huaquillas.

### DESCRIPCION DE LA RED EXISTENTE ENTRE LA CENTRAL DE TRANSITO GUAYAQUIL-MACHALA CON LA CENTRAL LOCAL HUAQUILLAS

Actualmente la Interconexión entre las Centrales de Tránsito de Guayaquil y Machala



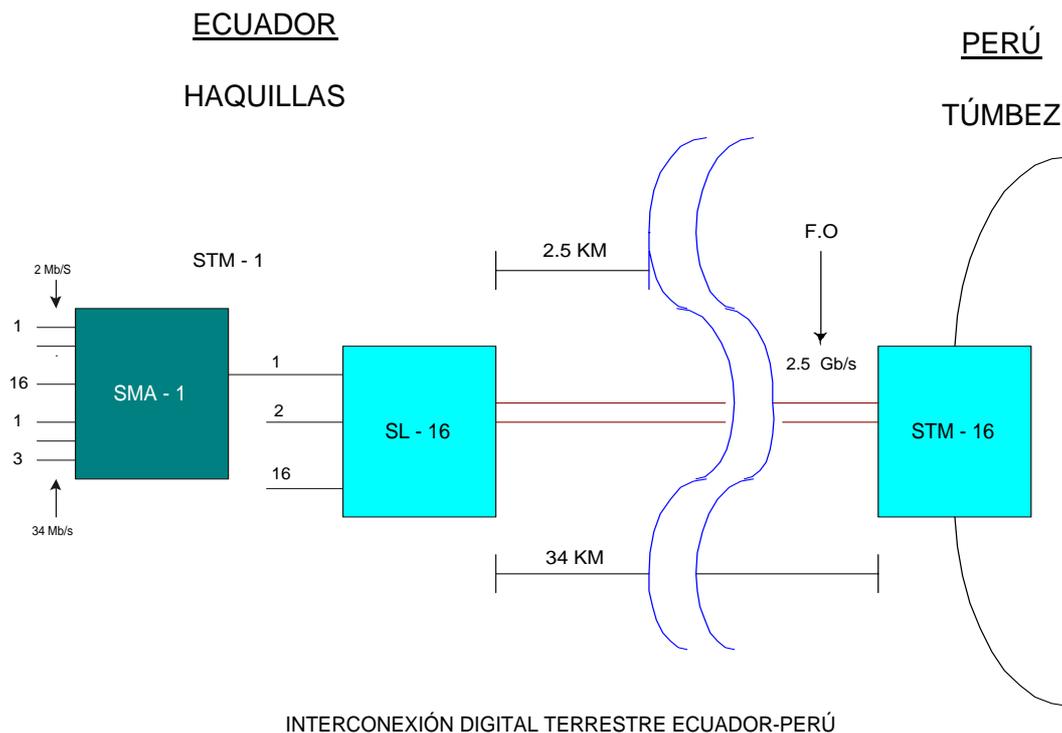
se la realiza por medio de Enlace de Microondas Digitales (empleando para ello la Técnica PDH Jerarquía Digital Plesiócrona en el Tercer Nivel: 140 Mb/s). La conexión entre la Central de Tránsito de Machala y la Central Huaquillas está dada por un enlace de Radio Analógico. Se ha implementado ya la Interconexión del tramo Huaquillas -Túmbez como parte del corredor andino digital, para lo cual se utiliza Fibra Optica a 2.5 Gb/s y MUX SDH para obtener una trama de STM-16 pero este tramo no esta ofreciendo servicio en los actuales momentos. A continuación se muestra en la figura 2 la red existente.

***Fig. 2.- Red Existente entre la Central de Tránsito Guayaquil- Machala con la Central Huaquillas***

## **DESCRIPCION DEL ENLACE HUAQUILLAS - TÚMBEZ**

Actualmente en el Enlace Huaquillas Túmbes se halla instalado un sistema terminal de fibra óptica SL - 16 para la interconexión entre el Equipo STM - 1 del lado ecuatoriano con el STM - 16 de la contraparte peruana.

Mediante este equipo terminal se logra disponer en la estación de Huaquillas de los tributarios STM-1 requeridos para luego extraer los canales de 2 Mb/s que finalmente serán los portadores del tráfico telefónico, en la figura 3 se muestra la interconexión existente.



**Fig. 3.- Interconexión Digital Terrestre en la frontera Ecuador – Perú**

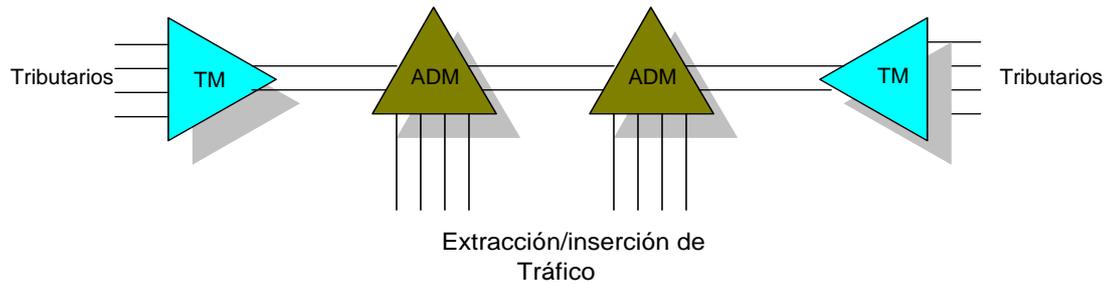
## DISEÑO DE LA RED DE FIBRA OPTICA

Para el diseño de la red de fibra óptica tenemos dos tipos de topología que son:

- Topología tipo bus
- Topología tipo anillo

### Topología tipo Bus

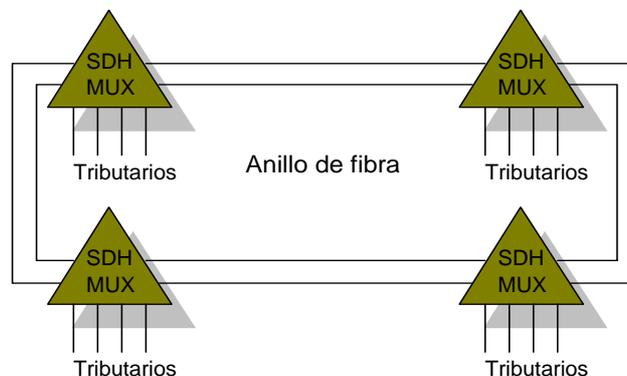
En esta configuración el tráfico es transportado por una sucesión de nodos interconectados, y los servicios (voz, datos, videos) pueden ser añadidos o extraídos en cualquier nodo de la cadena. Los dos nodos finales son llamados nodos terminales o terminales de línea. Los nodos intermedios pueden estar constituidos por equipos ADM o nodos regeneradores., como se muestra en la figura 4.



**Fig. 4.- Topología Tipo Bus**

### Topología tipo Anillo

La topología de anillo da como resultado una estructura de red de elevada confiabilidad, puesto que en caso de suscitarse un falla en los equipos o cables, la red puede reconfigurarse manteniendo la continuidad del servicio, como se muestra en la figura 4.

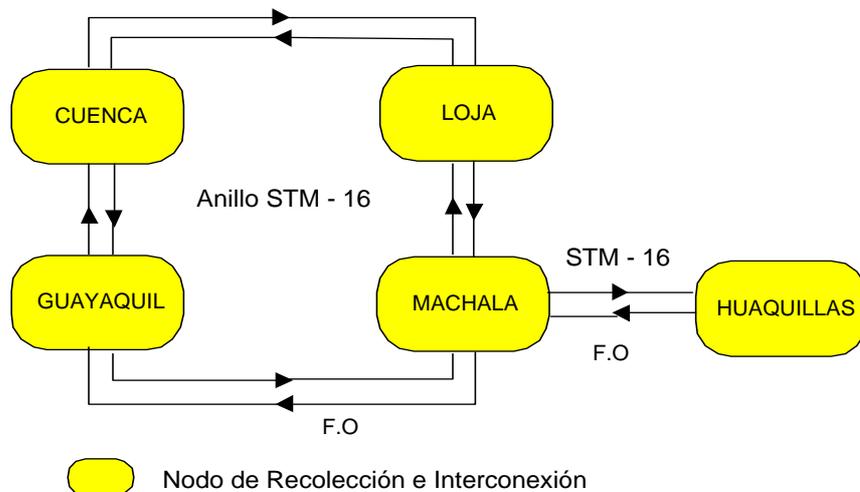


**Fig. 4.- Topología Tipo Anillo**

Además tenemos dos tipos de protección para el anillo como son la unidireccional y la bidireccional. En el anillo de protección unidireccional el tráfico se encamina en ambas direcciones. Este tipo de configuración es usado principalmente en redes de acceso de abonados. El anillo de protección bidireccional utiliza (a más del mecanismo de protección mencionado anteriormente), dos trayectorias paralelas de transporte: Una activa y otra de reserva. La información se transmite a través de la trayectoria activa y

en caso de suscitarse alguna falla, entra en funcionamiento la vía alterna. Esta configuración se utiliza principalmente en aplicaciones de red metropolitana.

La red que se plantea para nuestro Proyecto, puede considerarse mixta, ya que por la ruta misma que se sigue (carretera Guayaquil – Machala), debe ser de tipo Bus; pero, eventualmente podría hacerse una conexión entre las centrales de tránsito de Guayaquil, Cuenca, Loja y Machala para levantar un anillo con dichas centrales. En la figura 5 se puede apreciar la red resultante que se plantea.



**Fig. 5.- Configuración utilizando topología Bus/ Anillo**

## TIPOS DE TENDIDO DE FIBRA OPTICA

Dentro de los tipos de tendido de fibra óptica tenemos:

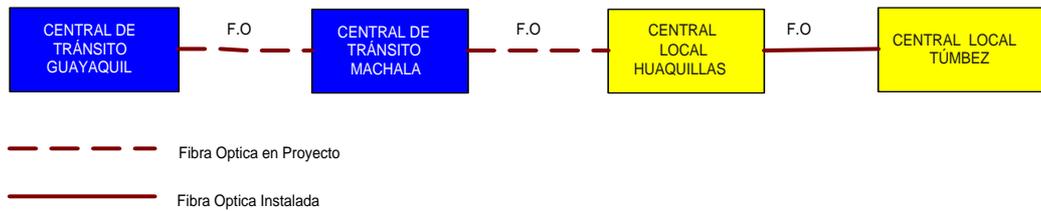
- Tendido en sistemas de ductos enterrados
- Tendido de cable enterrado directamente
- Tendido en línea de alta tensión
- Tendido de cable submarino
- Tendido grapado en paredes.

El tendido que nosotros utilizaremos para llevar a cabo nuestro proyecto es el Tendido Enterrado Directamente, mediante el cual existe una máquina que realiza económicamente este trabajo, o sea que la máquina realiza la excavación del zurco y la colocación de la fibra óptica al mismo tiempo, como se muestra en la figura 6.

**Fig.6.- Máquina que realiza la zanja y coloca la fibra óptica al mismo tiempo**

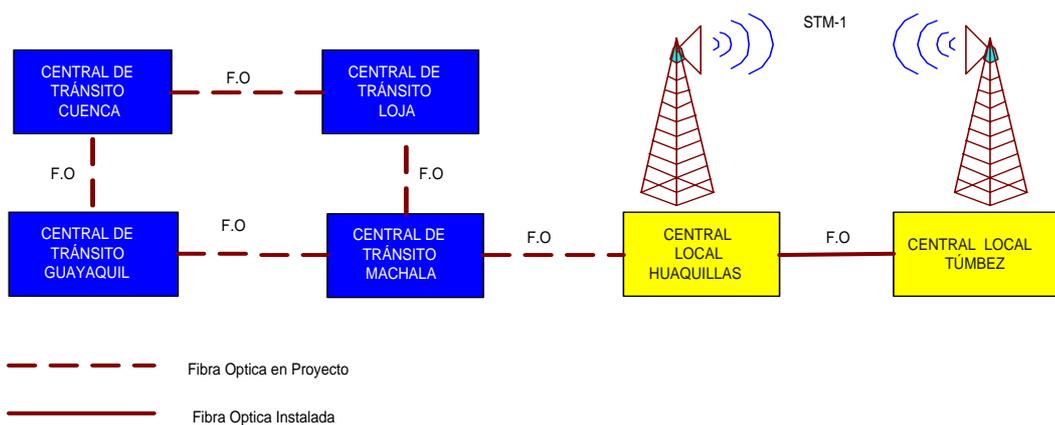
## DETALLE DE LA RUTA

La forma como quedaría nuestro proyecto lo podemos observar en la figura 7



**Fig.7.- Red futura, utilizando fibra óptica como medio de transmisión**

Además debemos incluir la Central de Tránsito Cuenca y la Central Tránsito Loja para formar el Anillo Sur ya que este enlace servirá de respaldo para la Central Tránsito Guayaquil con la Central Tránsito Machala, y el respaldo de la Central Tránsito Machala con la Central Local Huaquillas lo haríamos por medio de Radio Enlace como se indica en la figura 8.



**Fig.8 Detalle de la Red Propuesta**

## INGENIERIA DEL PROYECTO

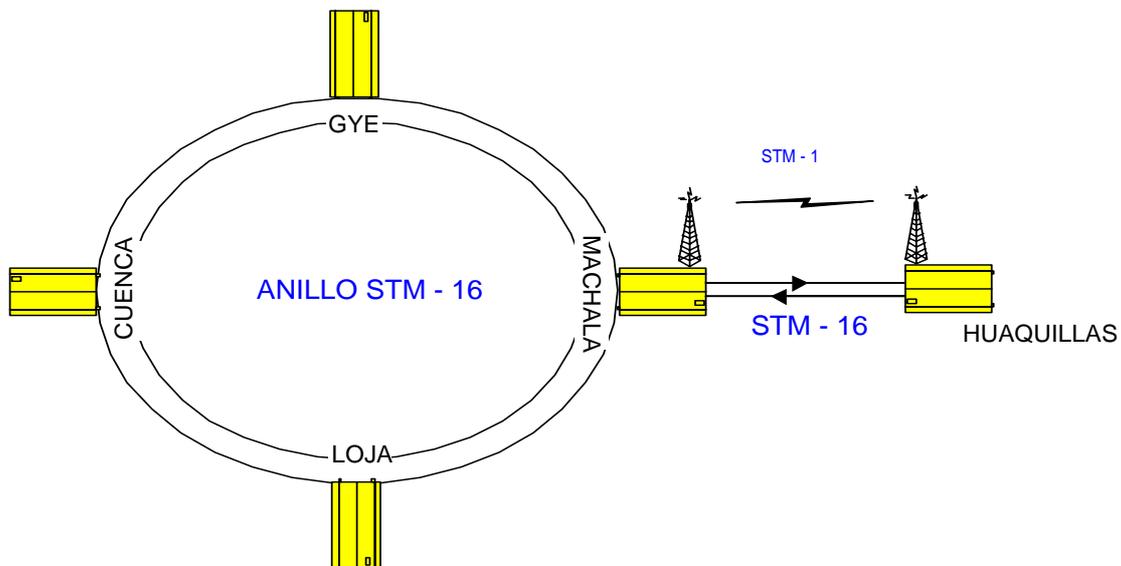
En cuanto a la ingeniería de proyecto esto abarca primeramente a determinar el tráfico de la red, estos datos fueron facilitados por la Empresa de Telecomunicaciones del

Pacífico (PACIFITEL) , una vez que obtuvimos la matriz de tráfico existente entre las centrales propuestas se realiza la respectiva proyección de la matriz de tráfico , esto es hasta el 2008. Esta matriz nos ayudará a determinar la capacidad de los enlaces propuestos y para dimensionar la velocidad de la fibra óptica.

La matriz proyectada al año 2008 la edificamos extrapolando la matriz de interés de tráfico actual, basándonos en estudios efectuados en (PACIFICTEL).

### Capacidad de los enlaces propuestos, dimensionamiento de la fibra

La figura 9 contiene el diagrama de la red de fibra óptica para la red SDH propuesta, y los equipos de transmisión utilizados para el anillo STM-16 y para el tramo Machala Huaquillas STM-16, en la cual se muestran los enlaces intercentrales de fibra óptica que se proponen implementar.



**Fig.9.- Diagrama del enlace propuesto**

### Caraterísticas de la fibra óptica

La fibra óptica a utilizarse en el proyecto es monomodo y trabaja en la tercera ventana conforme a las recomendaciones G.652.

## CONCLUSIONES

Una de las ventajas de la jerarquía SDH es que nos permite manejar flujos de información superiores a los de la jerarquía PDH, además de permitirnos el acceso a una Red Digital de Servicios Integrados que provea a los usuarios de servicios de voz, datos y video todos por un mismo cable, esto sólo es posible mediante la implementación de redes digitales con Jerarquía Digital Síncrona por medio de fibra óptica.

La ruta descrita en el proyecto enlaza las ciudades de Guayaquil – Machala - Huaquillas con el Corredor Andino Digital como uno de los objetivos propuestos por ASETA dentro de su plan de telecomunicaciones para enlazar a la Región Andina por medio de rutas terrestres, aéreas o marítimas. Nuestro proyecto forma parte de las rutas terrestres previstas en dicho plan .

Para el tendido de la fibra se escogió el método del cable enterrado debido a que nos proporcionaba la distancia más cercana entre las ciudades a enlazar y además porque en el caso del tendido aéreo no existe una conexión directa entre las centrales involucradas en el proyecto. El tendido se lo practicará a un costado de la carretera Panamericana Guayaquil – Machala – Huaquillas.

En vista de las ventajas ofrecidas por la tecnología SDH como es la formación de anillos con velocidades de transmisión SDH se consideró en el diseño la formación futura de un anillo SDH para enlazar las ciudades principales o de mayor tráfico de la zona sur del país (Cuenca y Loja) con la ciudad de Guayaquil es decir que para la determinación de la velocidad de transmisión de la ruta Guayaquil – Machala se considerará el tráfico telefónico existente entre las ciudades de Guayaquil, Machala, Cuenca y Loja. Además del tráfico con la ciudad de Huaquillas, el tráfico internacional proveniente de los países del Área Andina y el tráfico internacional actualmente cursado por el satélite hacia EE.UU. y Europa.

Desde la ciudad de Machala se tiene prevista una interconexión con la ciudad de Huaquillas es decir se prevee la instalación de un equipo de cross-conexión en la ciudad de Machala.

La velocidad de transmisión propuesta es STM –16.

Se prevee la transmisión en ambos sentidos como medida de protección del anillo para lo cual se hace necesario la instalación de dos pares de fibra uno para el anillo principal o de servicio y otro para el anillo secundario o paralelo. Es decir posee protección completa.

La fibra a utilizar será monomodo y trabajará en la tercera ventana óptica

El cable de fibra óptica contiene 12 fibras monomodos dispuestas en cuatro grupos de seis fibras cada uno identificados mediante código de colores.

Se utilizará repetidores ópticos de Fibra dopada con Erblio (EFDA) operando en la tercera ventana a 1550 nm, dos para el tramo Guayaquil–Machala y uno para el tramo Machala – Huaquillas.

Es así como todo el tráfico proveniente de las zonas rurales del Guayas, El Oro, Azuay y Loja confluentes en las ciudades de Guayaquil, Machala, Cuenca y Loja podrá acceder a las bondades de la tecnología SDH por medio de los Multiplexores ADM 16 instalados en cada una de estas ciudades. Es decir que para llevar a cabo una conexión por ejemplo entre Loja – Huaquillas no será necesario que se realice una conexión primero entre Loja – Guayaquil y luego Guayaquil – Loja sino que se enrutará directamente por el anillo entre Loja – Machala – Huaquillas.

Además por las consideraciones del diseño nos hemos permitido ofrecer una red con una capacidad de crecimiento continuo, pues el tráfico proyectado es a 10 años y con el fin de anticiparse a incrementos aún mayores de volúmenes de información debido al aumento ya sea de abonados así como de los servicios proporcionados se ha dejado un margen de reserva del 20% de la capacidad proyectada inicialmente con los que se cubren aún los requerimientos de expansión futura de la red.

Se estimó también la posibilidad futura de brindar servicios privados de datos, video, etc por parte de PACIFICTEL a personas ó Empresas Públicas o Privadas para lo cual existe una capacidad física lo suficientemente amplia pues del cable de fibra óptica proporcionado sólo serán usados dos de los seis pares posibles.

Para el dimensionamiento de la Red SDH en el proyecto, se toma como referencia la matriz actual de tráfico entre las ciudades de Guayaquil, Machala, Cuenca y Loja así como también el tráfico originado con Huaquillas para la interconexión con el Corredor

Andino Digital y mediante las proyecciones del crecimiento poblacional a 10 años (datos extraídos de INEN) se hace la proyección del Tráfico Telefónico que deberá soportar el anillo SDH, se considera también el Tráfico Internacional cursado entre los países del Area Andina.

## REFERENCIAS

1. CCITT, Planificación general de la red telefónica, UIT, Ginebra, 1983.
  2. ALCATEL, Principio de la jerarquía digital síncrona, París, 1993.
  3. NORTEL, Sistemas de transmisión síncrona, Toronto, 1995.
  4. CCITT, Recomendaciones 707 - 709, 781 - 784, 957 - 958, Ginebra, 1994.
  5. SIEMENS, Sistemas de comunicaciones ópticas, Berlín, 1993.
  6. ROBERTO ANGEL ARES, Servicios – Enlaces y Redes, Enero 1996.
  7. ERICSSON, Table of the Erlangs Loss Formula, Estocolmo, 1979.
  8. ASETA, Página Web [WWW.aseta.org.ec](http://WWW.aseta.org.ec)
  9. PETER LANCIER, Colocación económica de cables subterráneos.
  10. Gunther Mahlke y Peter Gossing, Conductores de fibras ópticas, Berlín 1987.
  11. ALCATEL, Manual Técnico del 1664 SM
  12. ALCATEL, Manual Técnico del Multiplexor Síncrono STM – 16 de Inserción y Extracción.
  13. ALCATEL, Página Web [WWW.Ans.Alcatel.com/telecom/transpt/optical/news](http://WWW.Ans.Alcatel.com/telecom/transpt/optical/news)
- LUCENT, Página Web [WWW.Lucent.com/netsys/opticalnet/index.html](http://WWW.Lucent.com/netsys/opticalnet/index.html)