

**ESPOL \* CICYT**  
**REVISTA TECNOLOGICA**

***TITULO:***

Diseño de un enlace de 155 Mbps. por Fibra Optica para las provincias de la costa: Esmeraldas, Manta, Portoviejo, Salinas y Machala.

***AUTORES:***

César Antonio Arrieta Suárez<sup>1</sup>, Enrique Xavier Cardenas Salazar<sup>2</sup>, Luis Fernando Granda Kuffo<sup>3</sup>, Luis Alfredo Mariño<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Ingeniero Eléctrico en Electrónica 1999.

<sup>2</sup> Ingeniero Eléctrico en Electrónica 1999.

<sup>3</sup> Ingeniero Eléctrico en Electrónica 1999.

<sup>4</sup> Director del Tópico, Ingeniero Eléctrico en Electrónica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1987, Transmisión Digital, Siemens Telecom, Italia 1989, Fibra Optica, Alcatel, Quito 1996, Transmisión Digital, Siteldra, Brasil 1998.

***RESUMEN:***

Este trabajo tiene por objetivo la integración de las principales provincias costeras del País a través de una red de telecomunicaciones basada en enlaces de Fibra Optica que proveerá: confiabilidad y alta rentabilidad a todos sus clientes.

El sistema a sido diseñado con el fin de formar un gran anillo de fibra óptica que atraviesa las provincias en mención por medio de un tendido aéreo (usando torres del Circuito Nacional Interconectado) que unirá Esmeraldas con Portoviejo y por tierra (a la orilla de las carreteras), uniendo Portoviejo, Manta, Salinas y Machala, finalmente cerramos el anillo con un cable submarino desde Machala hasta Esmeraldas.

***INTRODUCCION:***

La demanda actual de tráfico telefónico, actualmente esta siendo abastecido por dos empresas: Pacifictel y Andinatel. Pacifictel sirve a las provincias de Galápagos, Manabí, Guayas, Los Ríos, Cañar, Azuay, El Oro, Loja, Morona Santiago, Zamora Chinchipe. Andinatel se encarga del resto de provincias, entre ellas Esmeraldas que formara parte de nuestro enlace.

Las centrales digitales que se están utilizando son de las firmas Alcatel, Ericsson principalmente , las cuales están unidas por enlaces de microondas en la jerarquía plesiocrona de 140 Mbps , esto

abastece la demanda actual , pero no permite el rápido crecimiento que a corto plazo se prevee para el sector de las telecomunicaciones , además , los equipos de tecnología PDH no permiten total compatibilidad entre fabricantes distintos y la demultiplexación requiere de mucho hardware en comparado con las nuevas tecnologías como la SDH.

Se mostrara posteriormente que red actual es de tipo estrella, esto podría en los próximos años convertirse en un serio problema puesto que el crecimiento con microondas tiene un limite y no será factible, pudiendo convertirse en un cuello de botella y ya que esta central maneja el trafico tanto dentro de la región como con el resto del país y el exterior su fallo ocasionaría el aislamiento total de esta zona.

Como se mencionó, los enlaces que actualmente conforman la red son primordialmente de microondas digital, puesto que utilizan campos eléctricos en medios no guiados para su propagación, son especialmente susceptibles a las interferencias; el ambiente (rayos, antenas caídas, viento, etc.) el hombre (aviones, otros canales microondas piratas, etc.) son los principales problemas no solo de disminución en la calidad sino también a la paralización del servicio por periodos de tiempo lo que significa molestias a los usuarios cada vez necesitan mas y mejores servicios.

El crecimiento utilizando microondas no será posible por un sin numero de inconvenientes técnicos, esto no permitirían alcanzar las velocidades que maneja SDH.

A pesar de que la infraestructura necesaria para montar enlaces microondas es comparativamente menor a la de tendidos de fibras ópticas, tenemos que destacar que si la ruta y los equipos son cuidadosamente escogidos, se podría asegurar que la incidencia de fallas en un sistema de fibra ópticas será mínima, cables con las debidas protecciones, escogidos para el tipo de tendido a utilizar, equipos seleccionados a la potencia necesaria garantizarían un enlace muy confiable. Adicionalmente la implementación topología de doble anillo, preveen un servicio garantizado al casi al 100%.

## ***CONTENIDO:***

### **ENLACES EXISTENTES**

- La topología red estrella con su nodo central la ciudad de Guayaquil.
- La red mostrada describe los enlaces digitales ínter – centrales.
- Existen enlaces analógicos para las centrales de menor capacidad y para la distribución hacia el abonado.

## JUSTIFICACION DEL PROYECTO

El desarrollo integro de la tesis esta encaminada a justificar el proyecto, tanto en el aspecto técnico como en el económico.

Los costos que serán analizados en capítulos posteriores determinan el mínimo capital necesario para su montaje. Estos valores a ojos de un analista financiero darán respuestas de cómo amortizar la inversión por medio de tarifas justas a los servicios que se brindaran.

La descripción de las tecnologías utilizadas y ciertos criterios de diseño nos dan una idea de su factibilidad, así como las ventajas que traería su ejecución sea desde el punto de vista de empresa como un instrumento de desarrollo para el país.

## VENTAJAS DEBIDAS A SDH

### **Interoperabilidad.-**

Las Empresas miembros y entes reguladores estan trabajando en la elaboración de Normas andinas que aseguren la ínter - operabilidad de los sistemas y la introducción de nuevos servicios, entre estas estan:

Norma andina para el uso de la señalización CCITT N.-7

Norma andina para los sistemas RDSI

Norma andina para los sistemas SDH

Esta búsqueda constante de integración de las redes en cuanto a telefonía se requiere hacen que el Ecuador quiera mantenerse a la par con sus similares en el pacto andino, y que mejor manera que implementando redes modernas que puedan satisfacer criterios básicos de INTEROPERABILIDAD, SEGURIDAD, GRAN CAPACIDAD

### **Capacidad de crecimiento.-**

Los sistemas SDH pueden manejar las siguientes velocidades:

STM1	155.520 Mbps
STM4	622.080 Mbps
STM-16	2'488.320 Mbps $\approx$ 2.5 Gbps
STM-64	9'953.280 Mbps $\approx$ 10 Gbps

### **Implantación de la tecnología SDH.-**

La implantación de tecnología SDH traería los siguientes beneficios

- Ambientes multivendedor
- Conexiones internacionales
- Control de fallas, configuración, performance, seguridad, etc. centralizada

- Fácil acceso a los tributarios por medio de un simplificado sistema de Multiplexación
- Utilización de un mismo elemento de sincronización
- Existencia de muchos bits de overhead lo que permite existencia de muchas vías de administración
- Integración de todas las jerarquías existentes

### **VENTAJAS DEBIDAS A LA UTILIZACION DE FIBRA**

- Inmunidad hacia las interferencias del medio
- Seguridad hacia los intrusos
- Gran capacidad (cables fabricados con 6 a 100 F.O)
- Capacidad de crecimiento
- Muchas formas de explotación (datos, voz, vídeo, TV cable, etc.)
- Actualizar el enlace solo involucra los equipos terminales

### **DIMENSIONAMIENTO DEL ENLACE**

#### **PARAMETROS**

Para dar dimensión a la capacidad de los enlaces, se debe conocer la intensidad de tráfico, es decir la cantidad de personas que desean hablar al mismo tiempo por la ruta. Para darnos una idea de este parámetro se consideran dos aspectos:

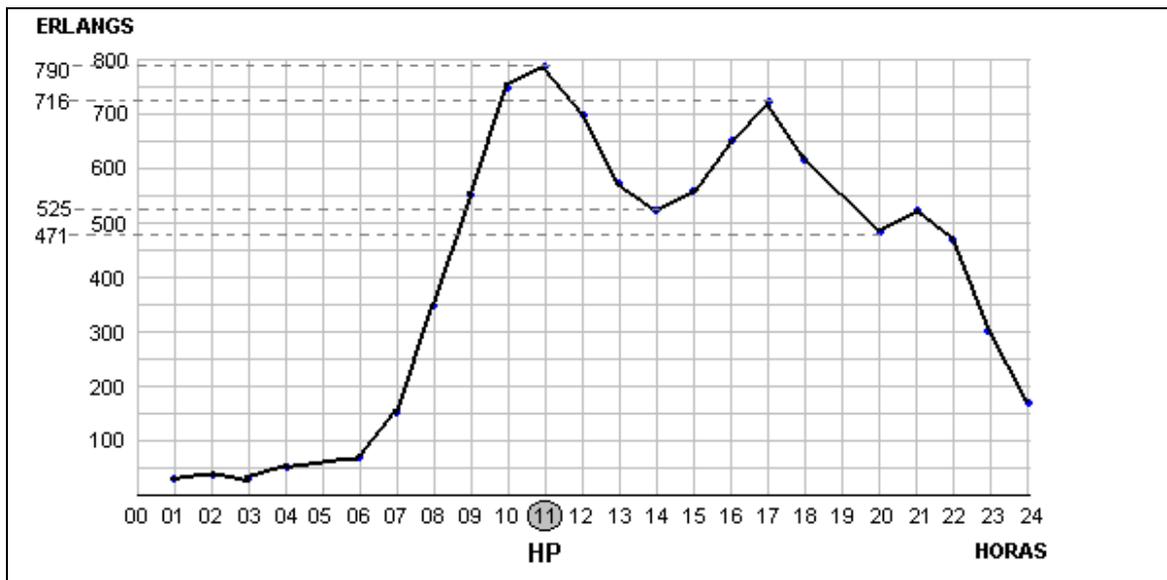
#### **Tráfico**

Se refiere a la cantidad de llamadas que se efectúan por la ruta en la hora pico; como el tráfico telefónico a una hora determinada varía como mucho en un 25 % de un día a otro, el muestreo de un día normal de tráfico a la hora pico puede darnos una buena idea de la capacidad necesaria para el enlace.

Anteriormente se mencionó que el tráfico tiene que observarse en un día normal puesto que los valores varían de acuerdo a muchas circunstancias como por ejemplo el día de la semana, días feriados (especialmente los que tienen que ver con la población de interés), paralizaciones, emergencias nacionales, etc.

Para seleccionar correctamente la hora pico hay que tener la ruta bajo observación y obtener un histograma típico del tráfico en el enlace, este histograma es diferente de enlace a enlace por lo que tiene que realizarse un estudio particularizado de la ruta.

Un histograma como el que se muestra en la siguiente gráfica nos da una buena idea de la hora pico para ruta Portoviejo - Manta:



**Fig. 1 Histograma para la ruta Portoviejo - Manta**

**Ocupación o tiempo de retención de llamada**

Tiempo de duración promedio de las llamadas que se efectúan por el circuito. El tiempo de retención varia de acuerdo a la ruta pero valores típicos de estas para las rutas de nuestro enlace como sé vera oscilan entre los 60 y 100 segundos

**PARAMETROS DE CALCULO DE ENLACE**

**Intensidad de trafico**

La intensidad de trafico se mide en Erlangs, lo que da una idea de la ocupación de un circuito telefónico por una hora

$$\text{ERLANG} = \text{Numero de llamadas} * \text{Promedio de ocupación (seg.)} / 3600 \text{ (seg.)}$$

**Grado de servicio**

Es una medida de la probabilidad de que una llamada ofrecida a una central determinada no encontrara un circuito de voz desocupado en el primer intento; es decir, que cualquier llamada determinada será bloqueada. El grado de servicio se expresa en porcentajes y el valor que se toma para telefonía publica es generalmente 1%, este valor nos indica el numero de llamadas perdidas por congestión y el numero total de llamadas efectuadas .



Se muestra el detalle de los enlaces:

RUTA	TRAFICO (Max bidireccional) HP (1 + Margen)	RETEN CION HP	ERLs	ERLs (2010) 2.8 %
Enlace 1 (Machaca - Manta)	$160 (1 + 0.25) = 200$	88 seg	4.89	6.45
Enlace 2 (Manta - Portoviejo)	$5609 (1 + 0.25) = 7012$	70 seg	136.35	180
Enlace 3 (Portoviejo - Esmeraldas)	$100 (1 + 0.25) = 125$	88 seg	3.05	4.03
Enlace 4 (Esmeraldas - Salinas)	$70 \times (1 + 0.25) = 88$	88 seg	2.15	2.84
Enlace 5 (Salinas - Machala)	$120 \times (1 + 0.25) = 150$	88 seg	3.667	4.84
Enlace 6 (Manta - Salinas)	$71 (1 + 0.25) = 89$	88 seg	2.18	2.88
Enlace 7 (Machala - Portoviejo)	$15 (1 + 0.25) = 18.75$	70 seg	0.365	0.49
Enlace 8 (Manta - Esmeraldas)	$220 (1 + 0.25) = 275$	88 seg	6.72	8.86
Enlace 9 (Portoviejo - Salinas)	$5 (1 + 0.25) = 7$	88 seg	0.17	0.23
Enlace 10 (Machala - Esmeraldas)	$50 \times (1 + 0.25) = 63$	88 seg	1.54	2.03

**Tabla I Detalle de los enlaces**

### MATRIZ DE TRAFICO SIMETRICA

Se colocan los valores máximos de trafico sea entrante o saliente lográndose la tabla simétrica presentada a continuación

ERLANGs	Machala	Salinas	Manta	Portoviejo	Esmeraldas
<b>Machala</b>	----	4.84	6.45	0.49	2.03
<b>Salinas</b>	4.84	----	2.88	0.23	2.84
<b>Manta</b>	6.45	2.88	----	180	8.86
<b>Portoviejo</b>	0.49	0.23	180	---	4.03
<b>Esmeraldas</b>	2.03	2.84	8.86	4.03	----

**Tabla II Matriz de Erlangs**

Para determinar la cantidad de circuitos necesarios para satisfacer un grado de demanda dado en el enlace debemos evaluar la formula de Eb dada en la ecuación 2.2 ( Formula 2.2). Debido a que esta formula no esta dentro de las limites de calculo de la mayoría de las calculadoras programables actuales es necesario desarrollar un algoritmo que permita conocer estos valores

Con dicho programa obtubimos los siguientes valores:

	CIR.N	E <sub>b</sub>	CIR.N+1	E <sub>b</sub>	CIR.N+2	E <sub>b</sub>	CIR.N+3	E <sub>b</sub>
ERLANG s								
180	200	0.01032						
8.86	9	0.2172	10	0.1614	11	0.115	12	0.078
6.45	8	0.1472	9	0.09545				
4.84	6	0.17979	7	0.1105	8	0.0627		
4.03	4	0.3135	5	0.2017	6	0.1193	7	0.0643
2.88	4	0.19	5	0.0999				
2.84	3	0.32	4	0.1882	5	0.0965		
2.03	1	0.6699	2	0.4047	3	0.215	4	0.098
0.49	1	0.3288	2	0.074				
0.23	1	0.18	2	0.02				

Tabla III Numero de circuitos vs. Intensidad de tráfico

Los valores en rojo indican el numero de circuitos con los cuales se satisface el grado de servicio menor al 1%, por lo tanto

CIRCUITOS	Machala	Salinas	Manta	Portoviejo	Esmeraldas
Machala	----	8	9	2	4
Salinas	8	----	5	2	5
Manta	9	5	----	200	12
Portoviejo	2	2	200	---	7
Esmeraldas	4	5	12	7	----

Tabla IV Matriz de circuitos

TRIB. 2 Mbps	Machala	Salinas	Manta	Portoviejo	Esmeraldas
Machala	----	1 (8/30)	1 (9/30)	1 (2/30)	1 (4/30)
Salinas	1 (8/30)	----	1 (5/30)	1 (2/30)	1 (5/30)
Manta	1 (9/30)	1 (5/30)	----	7 (200/30)	1 (12/30)
Portoviejo	1 (2/30)	1 (2/30)	7 (200/30)	---	1 (7/30)
Esmeraldas	1 (4/30)	1 (5/30)	1 (12/30)	1 (7/30)	----

Tabla V Matrices del numero de tributarios

<b>TOTALES</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>4</b>
<b>TOTAL</b>	<b>4+4+10+10+4 = 32 canales</b>				
<b>CAPACIDAD</b>	<b>32/2 = 16 Tributarios de 2Mbps</b>				

**Tabla VI Matriz totales**

Posteriormente se procede a sumar los elementos de la matriz mostrada y lo dividimos para 2. Sobre la base de esto se determina la capacidad del enlace y por ende que agregado utilizaremos en nuestro equipo

$$\sum_{j=1, i=1}^{j=5, i=5} M_{j,i}$$

Debido a esto podemos decir que nuestro multiplexor síncrono bastará con poseer una tarjeta tributario de 21\* 2 Mbps y con esta capacidad estará en capacidad de soportar el crecimiento de la demanda de estas ciudades por 10 años

### **DESCRIPCION DEL ENLACE**

#### **CONSIDERACIONES :**

- Que el sistema trabaja en la ventana de los 1550 nm
- Que de acuerdo a la descripción de la interface este sistema no esta limitado por la dispersión utilizando las fibras ópticas de acuerdo a la recomendación G.654
- Que se tiene en cuenta la atenuación del sistema y esta no rebasa los limites establecidos por la interface L-1-2 lo que nos permite alcanzar distancias de 80 Km. Para las interfaces mejoradas como la L-1.2 JE se pueden alcanzar distancias de 100 Km conservando compatibilidad transversal
- Que todos los empalmes, conectores fueron correctamente realizados resultando por ende valores normalizados que podremos utilizar en los cálculos
- El número aproximado de vueltas aplicadas en todos los casos para un tramo de repetición típico es 100 vueltas holgadamente enrollada con un radio de 37,5 mm será inferior a 0,5 dB
- Que las reflectancias máximas de los componentes (conectores, empalmes, atenuadores, etc.) entre los puntos S-R no sobrepasan los limites establecidos por la interface

- Las pérdidas de retorno óptico de planta y discretas cumplen con los requerimientos de la interface
- Que las pérdidas por flexión, envejecimiento, tracción, microcurvatura, macrocurvatura, etc. están incluidos en el peor caso de diseño para los valores dados en la tabla descriptiva de la interface
- Que al momento del tendido de la fibra no se excedan los valores dados como límites tanto en tracción, curvatura, temperatura, etc.
- Que la longitud de onda del sistema es mayor a la longitud de onda de corte para el tramo más pequeño del trayecto garantizando de esta manera trabajo monomodo
- Que generalmente los empalmes se colocan cada 2 Km debido a que los rollos de fibra tienen esas longitudes

## **RUTA Y TIPO DE TENDIDO POR TRAMOS**

El objetivo del proyecto sería enlazar las ciudades de Esmeraldas, Manta, Portoviejo, Salinas y Machala. Por las grandes distancias que tendremos que cubrir en este proyecto es recomendable dividir la ruta en tramos, ya que las características propias de cada sector requieren un trato especial

### **TRAMO 1 (ESMERALDAS – PORTOVIEJO)**

#### **Condición para tendido enterrado directo**

No existen carreteras importantes en esta zona

#### **Condición para tendido aéreo**

Existe el tendido eléctrico para este efecto a 138 KV y 230 KV

#### **Precipitación**

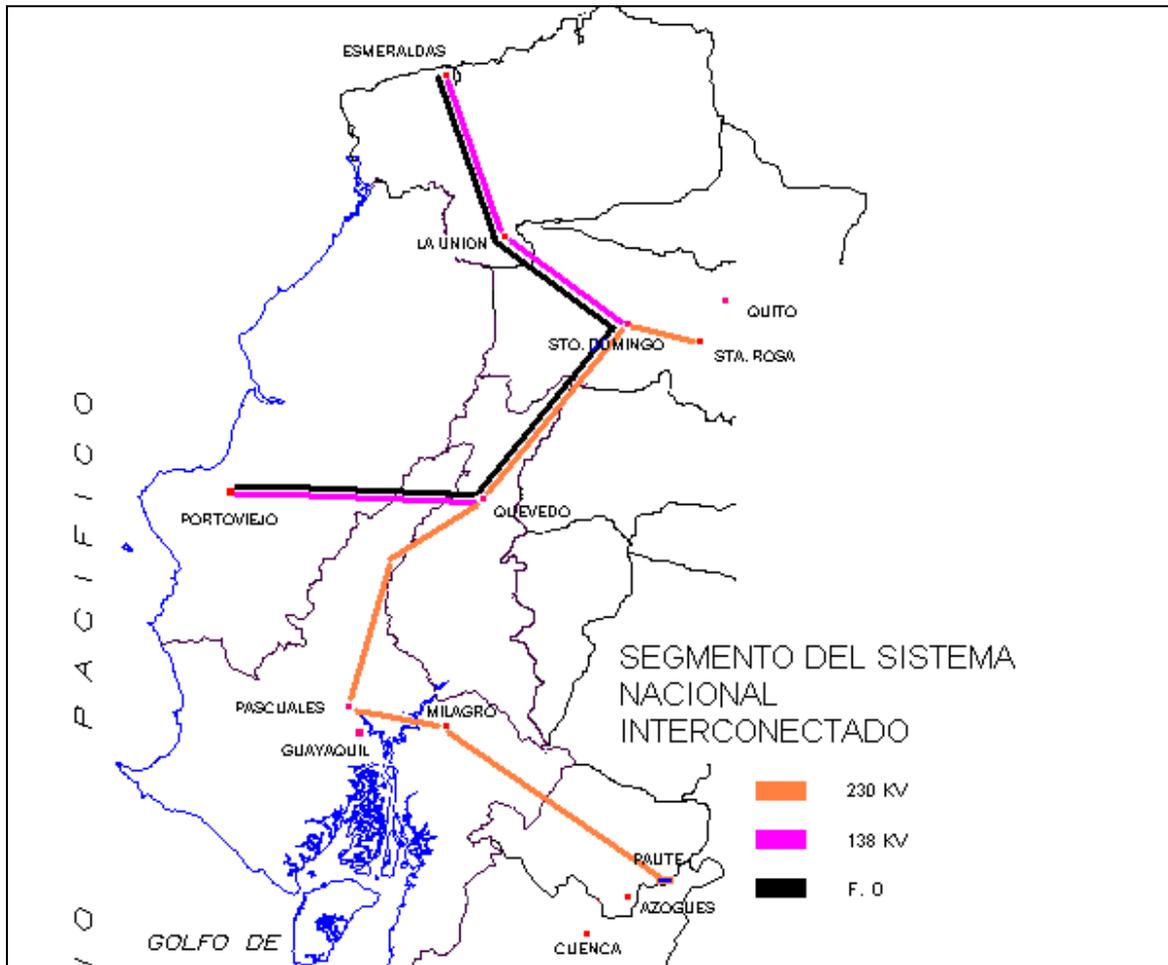
Las frecuentes lluvias de estos sectores hacen que desconfiemos del tendido enterrado

#### **Poblaciones**

Región no muy poblada

#### **Ventajas**

Nos aproxima mucho a la ciudad de Quito, por lo que en el futuro bastaría conseguir los equipos ADM necesarios y el tendido de un pequeño tramo de FO para que este enlace sirva como puerta de enlace de esta ciudad con las inherentes a nuestro proyecto. Puesto que el tendido de cable pasa por Guayaquil con esta ciudad ocurriría cosa similar



**Fig. 3 Tramo Esmeraldas - Portoviejo**

## **TRAMO 2 (PORTOVIEJO - MANTA)**

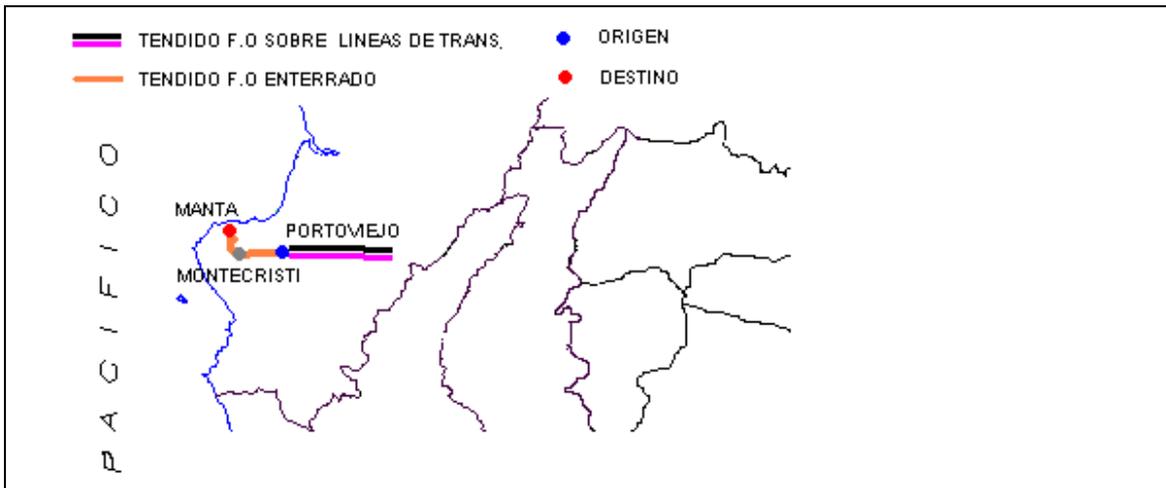
### **Condición para tendido enterrado directo**

El terreno es llano y existen buenas vías terrestres que permitirán tender el cable a un costado de la carretera

### **Condición para tendido aéreo:**

Podría escogerse este tendido puesto que los dos tipos traen las mismas ventajas, no lo escogemos puesto que es mas caro

**Precipitación :** El nivel de precipitaciones en esta zona es muy bajo (menor a 500 mm anuales) cabe mencionar él mas bajo de todo el Ecuador, rayando en lo desértico



**Fig. 4 Tramo Portoviejo - Manta**

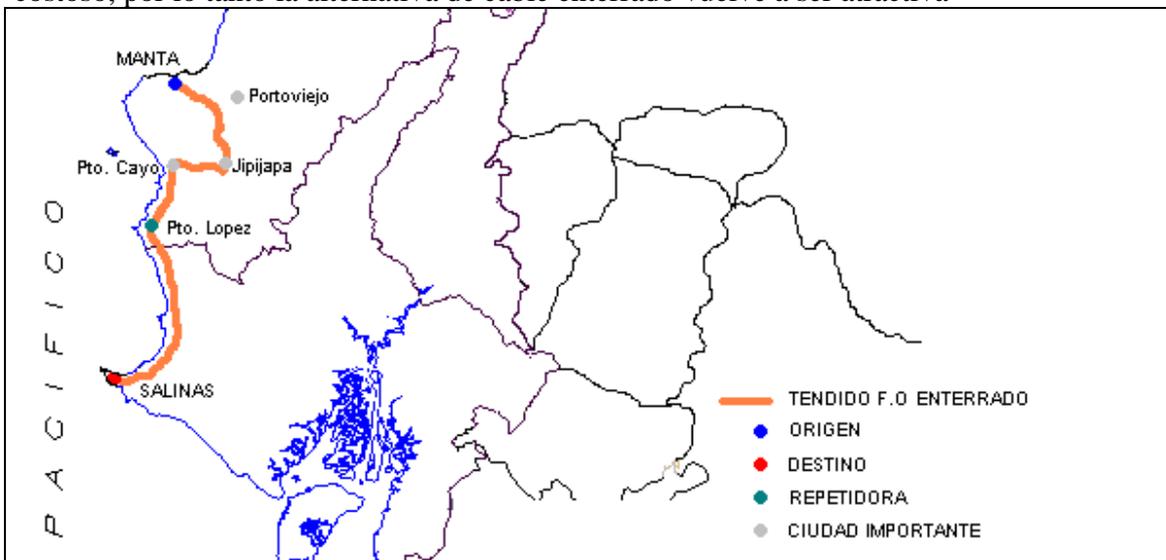
### TRAMO 3 (MANTA - SALINAS)

#### Condición para tendido enterrado directo

Existen buenas carreteras (permanentes)

#### Condición para tendido aéreo

Nuevamente en esta zona existe tendido eléctrico pero la ruta es muy larga, y resultaría muy costoso, por lo tanto la alternativa de cable enterrado vuelve a ser atractiva



**Fig. 5 Tramo Manta - Salinas**

#### Precipitación :

Hay que tener precauciones aunque por lo general esta zona es seca

#### Poblaciones

Existen muchas poblaciones por lo que se facilita la logística del proyecto

#### TRAMO 4 (SALINAS - MACHALA)

##### Condición para tendido enterrado directo

Resulta conveniente el tendido terrestre, a mas de que existen vías permanentes y un ramal de la panamericana para cubrir el trayecto

##### Condición para tendido aéreo

En el tramo las dos opciones resultan convenientes desde el punto de vista del tendido pero como este sector tiene mayor población y crecimiento es recomendable el tendido terrestre puesto que permite realizar bifurcaciones mas fácilmente en tiempos futuros

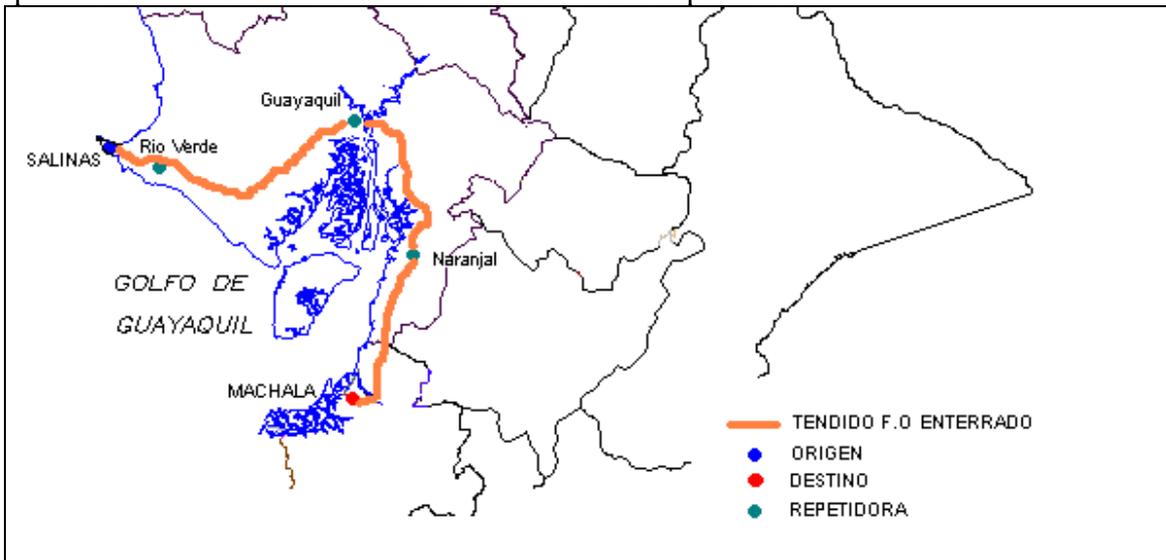


Fig. 6 Salinas - Machala

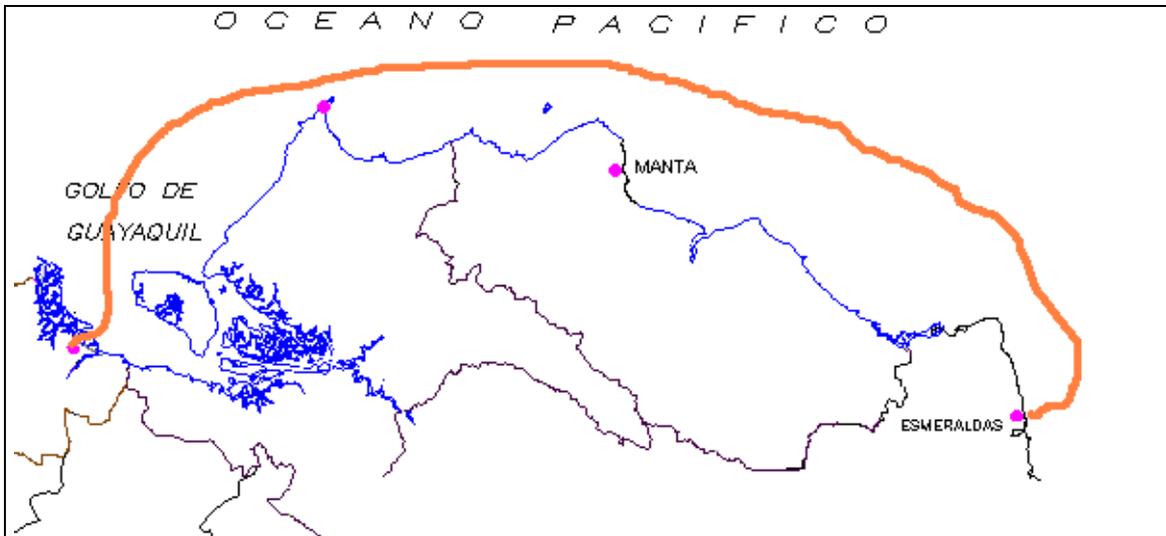
##### Precipitación

Debe tomarse precauciones puesto que esta zona es frecuentemente afectada por inundaciones

##### Poblaciones

Pasa por importantes ciudades entre ellas Guayaquil, que aunque no forma parte del enlace seria interesante introducirla posteriormente puesto que esta maneja gran cantidad de trafico ya sea nacional e internacional

## Tramo 5 (Cierre del anillo SDH)



**Fig. 7 Enlace submarino**

Existen muchas alternativas para realizar este objetivo, entre estos están: enlace satelital, enlace FO por otra ruta (seguramente con mayor utilidad), o un enlace submarino

Puesto que las ciudades que cubre nuestro enlace son costeras, sería interesante más que práctico cerrar el anillo de transmisión de forma sub - marina

Estos tipos de enlace son mucho más costosos que los mencionados anteriormente debido a la inmensa infraestructura que hay que montar a más de que los elementos son extremadamente caros a raíz de la sofisticada tecnología que utiliza para soportar elevadas presiones, tiempos de vida elevados (hasta 25 años)

, y necesidad de mantenimiento nula, A parte de eso debe tomarse precauciones como por ejemplo en los lugares cercanos al golfo por la presencia de barcos cuyas anclas podrían estropear el cable

### **CONCLUSIONES:**

Este proyecto es muy interesante debido a que logra dar una alternativa de integración de voz y datos de las principales provincias costeras de nuestro país.

Los criterios utilizados en el diseño de la red SDH futura nos permitieron ofrecer una estructura de red con gran capacidad creciente. Así en el diseño que plateamos esta hecho de tal manera que satisfaga suficientemente las demandas del tráfico hasta el año 2020. Además de esto se le ha adicionado un 20% a su capacidad física de transporte, con el fin de cubrir incrementos de tráfico mayores a los estimados en nuestro proyecto.

Además esta red nos permitirá contar con grandes canales de transmisión por algunos años permitiéndonos de prescindir de alguna manera de la comunicación vía satélite.

Una de las ventajas de la jerarquía SDH es que nos permite manejar flujos de información superiores a la jerarquía PDH. Facilita el acceso a una red de servicios integrados que provea a los

usuarios de voz, datos, vídeo, ya que esto se lo hace mas fácilmente por medio de Jerarquía Digital Sincrónica.

***REFERENCIAS:***

- Pan-American System Manual, TYCO Submarine System, Sept. 1998.
- Equipamiento de Línea Sincrónico, ITALTEL, 1998.
- Multiplexor Sincrónico STM-4 / STM16 de inserción / extracción, Alcatel, 1997.
- Recomendaciones de la CCITT, 1998.
- Mapas del Instituto Geográfico Militar, 1994.
- Carta Marítima del Instituto Oceanográfico de la Armada, 1993
- Ley de Correos, Telecomunicaciones, Radiodifusión y Televisión, TOMO II, Nov. 98.